LIBRARY OF THE NEW YORK BOTANICAL GARDEN

ANNALES

DE LA

SCIENCE AGRONOMIQUE

FRANÇAISE ET ÉTRANGÈRE

Comité de rédaction des Annales.

Rédacteur en chef :

L. GRANDEAU, directeur de la Station agronomique de l'Est.

Secrétaire de la rédaction :

H. GRANDEAU, sous-directeur de la Station agronomique de l'Est, chef des travaux agronomiques de la Faculté des sciences.

U. Gayon, directeur de la Station agronomique de Bordeaux.

Guinon, directeur de la Station agronomique de Châteauroux.

Margottet, directeur de la Station agronomique de Dijon.

A. Mathieu, sous-directeur et professeur honoraire de l'École nationale forestière.

Th. Schlœsing, de l'Institut, professeur à l'Institut national agronomique.

E. Risler, directeur de l'Institut national agronomique.

A. Girard, professeur à l'Institut national agronomique.

A. Müntz, chef des travaux chimiques à l'Institut national agronomique.

Ed. Henry, professeur à l'École nationale forestière.

P. Fliche, professeur à l'École nationale forestière.

J. Risler, répétiteur à l'Institut national agronomique.

Correspondants des Annales pour l'étranger.

ALLEMAGNE.

L. Ebermayer, professeur à l'Université de Munich.

J. König, directeur de la Station agronomique de Münster.

Fr. Nobbe, directeur de la Station agronomique de Tharand.

Tollens, professeur à l'Université de Göttingen.

ANGLETERRE.

R. Warington, chimiste du laboratoire de Rothamsted.

Ed. Kinch, professeur de chimie agricole au collège royal d'agriculture de Cirencester.

BELGIQUE.

A. Petermann, directeur de la Station agronomique de Gembloux.

CANADA.

Dr O. Trudel, à Ottava.

ÉCOSSE.

T. Jamieson, directeur de la Station agronomique d'Aberdeen.

ESPAGNE ET PORTUGAL.

R. de Luna, professeur de chimie à l'Université de Madrid.

ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE.

E. W. Hilgard, professeur à l'Université de Californie.

HOLLANDE.

A. Mayer, directeur de la Station agronomique de Wageningen.

ITALIE.

A. Cossa, professeur de chimie à l'École d'application des ingénieurs, à Turin.

NORWÈGE ET SUÈDE.

Bergstrand, ancien directeur de la Station agronomique de Stockholm.

Zetterlund, directeur de la Station agronomique d'Orebro.

SUISSE.

E. Schultze, directeur du laboratoire agronomique de l'École polytechnique de Zurich.

RUSSIE.

Thoms, directeur de la Station agronomique de Riga.

NOTA. — *Tous les ouvrages adressés* franco *à la Rédaction seront annoncés dans le premier fascicule qui paraîtra après leur arrivée. Il sera, en outre, publié s'il y a lieu, une analyse des ouvrages dont la spécialité rentre dans le cadre des* Annales (*chimie, physique, géologie, minéralogie, physiologie végétale et animale, agriculture, sylviculture, technologie, etc.*).

Toutes les communications relatives à la rédaction des Annales (*manuscrits, mémoires, livres*) *doivent être adressées* franco *à M.* **H. Grandeau**, *secrétaire de la rédaction des* Annales, *à Nancy.*

ANNALES

DE LA

SCIENCE AGRONOMIQUE

FRANÇAISE ET ÉTRANGÈRE

ORGANE

DES STATIONS AGRONOMIQUES ET DES LABORATOIRES AGRICOLES

PUBLIÉES

Sous les auspices du Ministère de l'Agriculture

PAR

LOUIS GRANDEAU

DIRECTEUR DE LA STATION AGRONOMIQUE DE L'EST
MEMBRE DU CONSEIL SUPÉRIEUR DE L'AGRICULTURE
VICE-PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ NATIONALE D'ENCOURAGEMENT A L'AGRICULTURE
DOYEN DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE NANCY
PROFESSEUR A L'ÉCOLE NATIONALE FORESTIÈRE

QUATRIÈME ANNÉE — 1887

Tome I

PARIS

BERGER-LEVRAULT ET Cie, LIBRAIRES-ÉDITEURS

5, rue des Beaux-Arts

MÊME MAISON A NANCY

1887

XA
.N5707
1887
t.1

CHIMIE APPLIQUÉE A L'AGRICULTURE

TRAVAUX ET EXPÉRIENCES

DU Dr A. VŒLCKER

CHIMISTE-CONSEIL
DIRECTEUR DU LABORATOIRE DE LA SOCIÉTÉ ROYALE D'AGRICULTURE D'ANGLETERRE

Par M. A. RONNA

VICE-PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ NATIONALE D'ENCOURAGEMENT A L'AGRICULTURE

LIVRE V. — LES ALIMENTS ET LES EXPÉRIENCES D'ALIMENTATION DU BÉTAIL

I. — Alimentation du bétail.

Il y a peu de pays où l'art d'élever et d'engraisser le bétail ait fait des progrès aussi considérables, au point de vue pratique, et donné lieu à d'aussi importantes recherches scientifiques que l'Angleterre.

Les grandes modifications introduites pendant les trente dernières années dans les méthodes d'engraissement du bétail consistent à amener les jeunes animaux bien plus rapidement à maturité, moyennant un système d'élevage judicieux et une alimentation plus copieuse. On a grand soin, en Angleterre, de donner aux jeunes animaux une nourriture riche, composée de tourteaux oléagineux et d'aliments azotés; car il a été reconnu que, mal nourris dans la première période de leur développement, ils résistent plus tard à l'engraissement.

Les services que la chimie a rendus et rend encore aux éleveurs et

aux engraisseurs de bestiaux sont précieux ; ils consistent à déterminer la composition de presque toutes les matières alimentaires, à rechercher la nature des fonctions physiologiques des divers éléments nutritifs dans l'économie animale, à déterminer leur valeur nutritive, de façon à permettre à l'éleveur d'en faire l'usage le plus économique, et au commerce d'apporter sur le marché des articles d'alimentation utiles et lucratifs [1].

1. — Chimie de l'alimentation.

Si l'on soumet à un degré élevé de température, dans un récipient à l'air libre, du blé, de l'avoine, de l'orge, ou des betteraves, des turneps, du trèfle, des herbes de prés, ou bien toutes autres substances d'origine végétale, destinées à nourrir l'homme ou les animaux, on constate qu'ils brûlent et se dissipent, en ne laissant qu'une faible quantité de matières solides ; le plus souvent, des cendres blanches. Cette partie incombustible, ou mieux la cendre, qui ne représente guère plus de 6 p. 100 de la masse sèche de l'aliment, comprend des matières terreuses, insolubles dans l'eau, et des matières salines, solubles. Les matières terreuses insolubles consistent principalement en acide phosphorique combiné avec la chaux, qui constitue le phosphate des os et fournit à l'animal les matériaux de son squelette osseux. Les matières salines comprennent surtout du sel marin et du phosphate de soude, qui entrent dans la composition du sang, et des sels potassiques qui dominent dans le jus des chairs.

Quant à la matière organique ou combustible, de l'aliment, elle se compose d'une grande variété de substances organiques, telles que l'amidon, la gomme, le sucre, l'albumine, la caséine, le gluten, la cellulose, etc. Toutes ces substances peuvent se répartir en deux classes : la première embrassant les principes alimentaires azotés ; la seconde, les principes non azotés [2].

---

1. *The influence of chemical discoveries on the progress of English agriculture.* 1878.

2. *On the chemistry of food.* — *Bath and West of England Agricultural Journal.* Vol. IV. 1856.

Matières azotées. — La première classe des principes alimentaires azotés comprend[1] :

L'albumine végétale ; une substance dont la composition et les propriétés chimiques sont identiques à celles du blanc d'œuf ;

Le gluten, ou fibrine végétale, dont la composition est identique à celle de la fibrine du sang et à la matière de la chair et des muscles ; elle se trouve en quantité notable dans le froment et en moindre quantité dans le grain des autres céréales ;

La caséine végétale, ou légumine, qui est identique par sa nature à la caséine du lait ; en dissolution dans l'eau, elle se précipite en se coagulant par l'addition d'acides étendus ; mais elle ne se coagule pas par l'ébullition comme l'albumine. On la trouve en abondance dans les pois, les fèves, les lentilles et autres graines légumineuses.

Ces principes azotés forment un groupe de composés organiques renfermant environ 16 p. 100 d'azote et de faibles quantités de soufre ou de phosphore, ou des deux corps à la fois.

L'albumine végétale qui correspond chimiquement à l'albumine animale, peut être regardée comme le type de ce groupe important, compris le plus souvent sous la désignation générique d'albuminoïdes, ou bien encore de principes plastiques servant à constituer la chair et la fibre musculaire.

Les graines des légumineuses, les tourteaux des graines de lin, de navette, de coton, etc., sont riches en matières albuminoïdes ; les graines des céréales en contiennent également en notable quantité ; mais les racines, les herbes, les pailles, etc., sont relativement pauvres en albuminoïdes.

Aucun aliment privé de principes azotés ne peut entretenir pendant longtemps les fonctions vitales de l'animal ; des expériences ont prouvé directement et sans conteste que l'organisme animal ne jouit pas de la même faculté que possèdent les plantes, de convertir en matières azotées alimentaires les composés salins ou autres renfermant de l'azote. Ainsi, des animaux nourris exclusivement d'amidon, de sucre, de graisse et d'autres substances privées d'albuminoïdes, dépérissent et succombent à la fin de la cinquième ou de

1. *On the theoretical and practical value of purchased food*, etc. — *Journ. Roy. Agric. Soc. of England.* Vol. XII, 3e série, 1876.

la sixième semaine, à peu près à l'époque où l'inanition complète les eût fait naturellement périr.

De plus récentes expériences ont démontré, en outre, que certains albuminoïdes, l'amidon, par exemple, et d'autres matières non azotées s'oxydent dans le système organique et fournissent de la chaleur animale ; et que les albuminoïdes, outre leur fonction de former la chair musculaire, ont la propriété de se partager pendant la digestion en graisse et en urée. Il est vrai que certains physiologistes maintiennent que la graisse de l'animal est due uniquement, sinon en grande partie, à cette source ; et non pas à l'amidon, ou au sucre et autres principes analogues non azotés. Leurs expériences n'étant pas absolument concluantes, n'empêchent pas que le fait de l'engraissement des animaux, bœufs, moutons ou porcs, à l'aide de matières grasses toutes préparées, ou bien à l'aide d'amidon et d'autres substances non azotées, facilement assimilables, ne soit constaté par une longue et saine pratique.

Quoi qu'il en soit de cette propriété des albuminoïdes, ils jouent un rôle dominant, déterminé autant par la science que par la pratique, dans la valeur nutritive des aliments.

Matières non azotées. — Les principes alimentaires non azotés se partagent en trois groupes : les corps gras, les hydrates de carbone et la fibre ligneuse ou cellulose.

a. Les corps gras, graisses, beurres et huiles, sont, au point de vue économique, les plus coûteux des aliments, puisqu'ils se débitent à des prix plus élevés que l'amidon, le sucre et les autres composés non azotés ; ils sont de plus éminemment aptes à l'engraissement de l'animal, car par leur composition les graisses végétales sont analogues à celles qui entrent dans la formation du corps des animaux. Sans éprouver de grandes modifications, ils sont facilement assimilés, et quand il y a excès, ils sont emmagasinés à l'état de graisse animale.

La proportion de carbone dans la graisse est d'environ 80 p. 100 ; de telle sorte qu'en nombres ronds, une partie en poids de graisse ou d'huile, vaut autant, comme matière d'alimentation, que deux parties et demie de sucre ou d'amidon. D'ailleurs, la graisse, dans l'acte de digestion et de nutrition, remplit d'importantes fonctions. Des expériences ont démontré que les matières albuminoïdes, privées

de toute graisse, séjournent plus longtemps dans l'estomac et exigent plus de temps pour se transformer en cellules et en fibre, que lorsqu'elles sont associées aux corps gras. On considère encore que la graisse a une part considérable dans la formation de la bile et que la faculté digestive du suc pancréatique est attribuable en grande partie à sa présence.

De toutes manières, la graisse jouit de facultés digestives importantes ; elle favorise la solution des aliments et leur absorption dans le sang. Les corpuscules incolores du sang reçoivent probablement de la transformation de la graisse, le principe initial de leur formation ; et par ce motif, la graisse peut aider puissamment à faire le sang.

D'autre part, dans les procédés suivis pour convertir les aliments en viande de boucherie, les corps gras ne servent pas seulement à constituer de nouveaux tissus, mais ils pénètrent et désintègrent les anciens tissus dont la vitalité est affaiblie. Ainsi, la graisse facilite-t-elle la solution des produits azotés inutiles, et leur évacuation du corps de l'animal.

b. Les hydrates de carbone, amidon, gomme, mucilage et sucre, se distinguent par leur combinaison d'oxygène et d'hydrogène, dans le même rapport que celui qui constitue l'eau. L'hydrogène étant combiné, c'est le carbone seul qui par son oxydation ou sa combustion engendre la chaleur animale, mais à un degré deux fois et demie moindre que dans les corps gras.

En même temps qu'ils entretiennent la chaleur par leur combustion, les hydrates de carbone donnent naissance à des acides organiques divers, entre autres, l'acide lactique, qui joue un rôle important dans la digestion des aliments. La présence de l'acide lactique dans l'estomac paraît indispensable pour la digestion des composés albuminoïdes ; présent également dans les sucs de la chair, cet acide aide probablement à la solution des tissus inutiles ou stérilisés.

Quand les animaux reçoivent en nourriture plus d'amidon ou de sucre qu'il ne faut pour entretenir la respiration et la chaleur, ils convertissent l'excédent en graisse, que le corps emmagasine. On avait contesté cette dernière faculté, mais les expériences de Boussingault,

de Liebig, de Lawes et Gilbert ont nettement prouvé que la graisse des animaux à l'engrais peut provenir et provient des hydrates de carbone que renferme leur nourriture. La pratique courante des rations contenant de la farine des grains de céréales et des produits sucrés, confirme pleinement ce résultat.

Il n'y a pas de grandes différences, dans la pratique, entre l'emploi des éléments amylacés et celui des corps gras pour l'alimentation des animaux, mais en raison même de leur faible teneur en carbone, les hydrates, tels que l'amidon et le sucre, sont moins aptes à l'engraissement précoce. Les modifications que subissent ces hydrates dans l'organisme sont facilement expliquées. Comme ils consistent chimiquement en eau et en carbone, ils servent plus spécialement à entretenir la respiration. Par l'inhalation dans les poumons, l'air atmosphérique fournit de l'oxygène ; cet oxygène en se combinant avec le carbone de l'amidon ou du sucre, produit de l'acide carbonique en abondance que l'exhalation restitue avec des vapeurs aqueuses à l'atmosphère. La dose de carbone que consomment les animaux pour leurs fonctions respiratoires varie suivant les époques, les espèces, la rapidité des fonctions et le travail de l'animal ; elle est dans tous les cas considérable. D'après Boussingault, un cheval dépense journellement 20 kilogr. de carbone à l'état de gaz acide carbonique, et pour une vache, les quatre cinquièmes de sa nourriture journalière sont dépensés pour entretenir sa respiration. Il n'y a donc pas lieu de considérer seulement le maintien de l'animal ou son augmentation comme poids vivant, mais aussi sa respiration, qui n'est à proprement parler qu'une combustion lente des aliments, avec un développement de chaleur proportionnel. C'est par l'apport constant et indispensable de carbone dans l'organisme que la température des animaux est maintenue uniforme, hiver comme été.

c. La cellulose ou fibre ligneuse, suivant son état de digestibilité, dépendant de la condition de maturité du végétal qui la fournit, exerce des fonctions analogues dans l'économie animale. Il est certain que la fibre ligneuse non mûrie, de la paille ou du foin, est assimilée en grande partie par les herbivores, tandis que la fibre ligneuse mûrie est moins complètement digérée et retourne par

les déjections au fumier. Les bêtes bovines profitent apparemment de la cellulose à un plus haut degré que les bêtes ovines, et il est douteux que les porcs puissent digérer la cellulose à un degré quelconque.

Matières salines ou minérales. — Ces matières sont essentielles pour la plasticité des éléments de nutrition et des tissus animaux. Elles forment de fait le principal, sinon le seul agent de transport de la matière organique d'un point à l'autre du corps ; elles amènent les matériaux nutritifs dans le système et entraînent ceux qui ne servent plus. Aussi jouent-elles un rôle important dans les phénomènes de digestion, d'assimilation et de sécrétion.

Une partie des matières minérales des aliments, qui consiste en phosphates terreux, sert non seulement à la formation des tissus osseux, mais à celle de la chair des animaux ; mais la partie la plus considérable passe dans les déjections liquides et solides, surtout chez les animaux adultes qui n'exigent plus autant de phosphates pour leur plein développement.

Les éléments solubles, tels que les sels de soude et de potasse, sont rejetés dans les urines, tandis que les éléments insolubles, phosphates de chaux et de magnésie, carbonate de chaux, silice, sont évacués dans les excréments solides.

En résumé, le rôle des divers composés qui forment les aliments peut se définir pour chacun de la manière suivante[1] :

1. Les matières minérales sont les matériaux à l'aide desquels l'animal forme sa charpente osseuse ;

2. Les matières salines fournissent au sang, au suc de la chair et aux autres sucs de l'organisme, les sels indispensables ;

3. Les matières azotées, albuminoïdes, fournissent les éléments constitutifs du sang et de la chair ;

4. Les corps gras servent à former la graisse et à maintenir par la respiration la chaleur animale ;

5. Les matières non azotées (hydrates de carbone) travaillent au maintien de la respiration, et quand elles sont en excès, à la production de la graisse ;

1. *On the chemistry of food ; classification of feeding principles.* 1856.

6. Pas plus les matières non azotées que les albuminoïdes, quand ils sont employés isolément, ne peuvent conserver l'organisme des animaux herbivores en pleine vitalité ;

7. L'état de santé chez les animaux ne peut être maintenu que par une nourriture complexe dans la composition de laquelle entrent, en proportions que l'expérience détermine, les matières azotées ou plastiques, les matières non azotées ou respiratoires, et les matières salines et minérales.

Comme aucune des matières appartenant aux groupes examinés, prise isolément, ne peut entretenir longtemps la vie, il faut, pour la sustenter par la nutrition, recourir à des aliments mélangés ou complexes. A l'exception des mélasses qui sont parfois employées seules comme nourriture, les autres aliments, ou mieux les rations d'alimentation des animaux de la ferme, comprennent des substances prises dans un ou plusieurs groupes, renfermant des proportions variables de composés azotés et non azotés, phosphatés et salins. A l'état normal, l'animal consomme d'abord ce qui est nécessaire pour entretenir la respiration et la chaleur, et en second lieu, la digestion, l'assimilation et les sécrétions.

Si un animal adulte, en état de santé, est laissé à lui-même pour consommer autant qu'il veut de fourrage ou d'autres aliments appropriés, il n'augmente, ni ne diminue en poids. La plus grande partie des aliments non azotés de sa nourriture, s'oxydent et sont entraînés à l'état d'acide carbonique par les voies respiratoires, tandis que les éléments minéraux sont évacués presque entièrement dans les déjections.

Les éléments azotés, avant d'être rejetés, sont plus ou moins complètement décomposés en donnant lieu à deux groupes de substances : les unes, qui comprennent la totalité pour ainsi dire de l'azote des albuminoïdes, et les autres, le reste, formé du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène. Au premier groupe appartiennent l'urée et les acides urique et hippurique, au second, l'acide lactique, les corps gras, et certains produits mal définis chimiquement, et privés d'azote.

En règle générale, quand une nourriture est très azotée, elle est riche en phosphate de chaux et autres matières minérales ; il s'ensuit

que les déjections des animaux soumis à cette alimentation, étant plus fournies d'azote et de phosphate, ont une propriété fertilisante plus grande que celle des excréments évacués par les animaux nourris avec des aliments plus carbonés et moins azotés.

Vœlcker a réuni dans le tableau CCXVIII la proportion p. 100 de gluten et d'eau que renferment les principaux aliments. On y

TABLEAU CCXVIII. — Proportion p. 100 de gluten, etc., et d'eau dans divers aliments.

	PROPORTION P. 100.	
	Gluten, etc.	Eau.
Pain de froment	6	45
Froment (grain entier)	12	16
Son de froment	14 à 18	13
Farine fine (id.)	10	14
Farine d'avoine	18	14
Farine de pois	24	14
Fèves	25	12
Lentilles	25	12
Figues	6	21
Riz	7.5	12
Pommes de terre	2	75
Bœuf, viande maigre	19	78
Fromage	29 à 45	36 à 44
Chou	4.75	86
Chou-fleur	4	88
Navets de Suède	1.8	89 à 90
Turneps blancs	1.4	90 à 92
Feuilles de turneps	2	88
Carottes	6	87
Panais	1.2	82 à 84
Mangolds	1.5	87 à 88

reconnaîtra que les graines de légumineuses, fèves, lentilles et pois, renferment, après le fromage, la plus forte proportion de gluten, c'est-à-dire de principes identiques au gluten du froment, albumine, fibrine, caséine, etc., propres à créer la fibre musculaire et à réparer les pertes des animaux de travail ; ce qui n'empêche pas qu'elles

soient également utiles pour l'élevage du jeune bétail et les vaches laitières. Dans le lait, en effet, il est sécrété une forte proportion d'éléments azotés, et tout aliment renfermant les mêmes principes que ceux du fromage, convient pour la production d'un lait abondant et de bonne qualité.

Si le sucre, l'amidon et la fibre ligneuse à l'état tendre, servent à constituer la graisse qui résulte de leur transformation dans l'animal, les éleveurs ont reconnu par l'expérience que les corps gras tout formés s'adaptent de préférence à l'engraissement, et à cet égard, les tourteaux des graines oléagineuses rendent des services incomparables[1]. Les graines de légumineuses qui favorisent la sécrétion du lait et la production de la fibre musculaire ne sont pas appropriées, comme les tourteaux, à l'engraissement des animaux, par la raison que les animaux mis à l'engrais exigent, indépendamment d'aliments plastiques, une alimentation riche en corps gras tout formés ou en éléments qui se transforment facilement en graisse.

2. — Valeur nutritive des aliments.

On a pu voir dans le livre III, consacré à l'engrais, que l'on arrive facilement à déterminer avec assez de précision par l'analyse, la valeur fertilisante et commerciale des engrais, tels que le guano, le sulfate d'ammoniaque, le nitrate de soude, les superphosphates, etc. Il suffit d'y doser l'ammoniaque, l'acide nitrique, le phosphate soluble et insoluble, la potasse, etc., qui ont une valeur sur le marché, soumise à des fluctuations, il est vrai, mais dont on peut tenir compte dans l'évaluation finale du composé fertilisant.

Il n'en est pas de même quand on veut déterminer la valeur nutritive et commerciale des aliments ; car si l'on dose facilement les proportions d'amidon, de gluten, d'albumine, de graisse, de cellulose, etc., qui entrent dans leur composition, on n'a pas, pour les évaluer, des indications spéciales quant à leur utilisation plus ou moins économique par l'éleveur. La simple analyse des ma-

1. *The nutritive value of oil-cakes and their substitutes ; a lecture delivered at Exeter.* Janvier 1857.

tières alimentaires est ici en défaut [1]. Il n'en reste pas moins certain que l'examen chimique de ces matières est plein d'intérêt, car il permet de juger non seulement de leurs caractères physiques et de leurs propriétés nutritives, mais encore de guider les éleveurs et les engraisseurs dans le choix des aliments appropriés à la mise en condition du bétail, des vaches laitières, des porcs et des chevaux de travail. En se rapportant aux fonctions que remplissent les principaux éléments nutritifs dans l'économie animale, on arrive par comparaison à déterminer leur valeur relative au point de vue pratique.

Corps gras. — Il a été reconnu plus haut que les corps gras sont de beaucoup les plus coûteux dans les aliments donnés aux animaux. On peut dire qu'une partie en poids d'huile ou de graisse vaut pour l'engraissement autant que deux parties et demie d'amidon ou de sucre. Il importe donc, pour évaluer un aliment, d'y doser la proportion d'huile ou de matière grasse, car la valeur nutritive dépend en grande mesure de cette teneur. Il s'ensuit, par exemple, que la valeur commerciale des tourteaux ou des farines de noix de palme croît ou décroît, suivant la teneur p. 100 de matières grasses qui restent après l'écrasement. L'écart entre le prix de 130 fr. par tonne de tourteaux de palme, correspondant à une teneur en matière grasse qui varie de 3 à 6 p. 100, et celui de 210 fr. pour des tourteaux dosant de 15 à 18 p. 100, avec une teneur en matières albuminoïdes sensiblement égale dans les deux cas, semble indiquer que dans les tourteaux inférieurs, le kilogramme de matière grasse est payé près du double que dans ceux de qualité supérieure, et qu'il y a tout avantage à se procurer ces derniers pour l'engraissement.

De même, les grains secs, les résidus de brasseries, et la farine de riz, malgré la grande quantité de balles qu'ils renferment, se vendent couramment sur le marché au prix de 175 fr. la tonne. Or, ces produits contiennent peu de matières albuminoïdes, mais ils renferment de 5 à 8 p. 100 de matières grasses, et répondent parfaitement au but pour l'engraissement ; de telle sorte que leur valeur commerciale

1. *On the theoretical and practical value of purchased food and its residue as manure.* 1876.

est surtout attribuable à la proportion d'huile et de graisse que l'analyse y a décelée.

En faisant abstraction des autres éléments nutritifs, le kilogramme de matière grasse reviendrait, d'après les prix du marché, dans le tourteau d'huile de palme contenant en moyenne 4.5 p. 100, à 2 fr. 38 c. ; dans les résidus de brasserie et les farines de riz, titrant en moyenne 6.5 p. 100, à 2 fr. 70 c., et dans les tourteaux de qualité supérieure, dosant en moyenne 16.5 p. 100, à 1 fr. 27 c.

Vœlcker estime finalement que le prix du kilogramme de matière grasse calculé à 0 fr. 70 c. est trop réduit, étant donné qu'il vaut pour l'engraissement autant que $2^k,5$ d'amidon ou de sucre, et que le kilogramme de sucre dans les aliments les moins coûteux revient au moins à 0 fr. 28 c.

Hydrates de carbone. — Les hydrates de carbone, tels que l'amidon, la gomme et le sucre, prennent rang après les corps gras pour leur valeur nutritive et d'engraissement.

Le sucre est parfois employé directement à l'état de mélasse, pour rendre la paille hachée ou le foin de qualité inférieure plus appétissants. Comme la mélasse, renfermant de 54 à 60 p. 100 de sucre, revient au prix de 225 fr. la tonne, ce qui met le sucre au prix de 375 à 420 fr. les 1 000 kilogr., il y a lieu d'examiner si cette pratique est économique en raison du coût très élevé de la matière ajoutée à la paille ou au foin. Il est certain que dans les exploitations où il y a abondance de paille, une faible quantité de mélasse sert à augmenter notamment sa consommation par le bétail ; mais le mélange avec de la pulpe de mangolds ou de rutabagas, après douze heures de contact, aurait le même effet, à beaucoup moins de frais. Une infusion de caroubes, qui renferment à poids égal la même quantité de sucre que les mélasses, permettrait également, au cas où l'on ne disposerait pas de racines sucrées, mangolds, navets de Suède ou carottes, d'atteindre le même résultat à meilleur prix, tout en augmentant la somme des aliments consommés. Les caroubes ont par le fait une valeur nutritive plus grande que la mélasse et reviennent à 35 fr. moins cher, prises sur le marché.

Matières azotées ou albuminoïdes. — Il est notoire que pour la

nourriture des animaux à l'engrais, la matière azotée est essentielle ; il s'ensuit que des produits tels que les caroubes, la farine de riz, le sorgho, etc., qui renferment moins de 9 p. 100 de matières albuminoïdes, étant trop pauvres pour sustenter à eux seuls l'animal, ils ne sauraient être utilement employés que comme matières de mélange avec des tourteaux ou des graines azotées.

Le blé, l'avoine et l'orge contiennent assez de substances albuminoïdes pour suppléer aux besoins de l'animal soumis à l'engraissement, tandis que les graines de légumineuses (fèves, lentilles et pois) et les tourteaux d'huile, en renferment un excédent considérable.

Bien qu'essentielle, la matière azotée n'est pas seule à déterminer la valeur nutritive d'un aliment ; elle est un des facteurs utiles pour cette estimation.

Si l'on admet que la proportion de matières azotées dans la ration fournie au bétail à l'engrais, est à peu près la même que celle qui existe dans les graines de céréales, on peut se demander quel sera l'effet produit sur l'animal par un supplément d'aliments très azotés, ou d'aliments pauvres en azote, mais riches en composés féculents ou saccharifères, facilement digestibles. L'excédent de poids vif sera-t-il dû à l'azote ou aux hydrates de carbone ?

De nombreuses expériences, soigneusement exécutées, ainsi que la pratique des engraisseurs, permettent de répondre catégoriquement que la valeur nutritive comparée de la plupart des aliments fournis au bétail à l'engrais, dépend plutôt de la proportion des hydrates de carbone que de celle des composés azotés ou albuminoïdes qu'ils renferment.

Il ne manque pas d'exemples à l'appui de ce fait expérimental. Ainsi, le blé de qualité inférieure est toujours plus azoté que le blé de premier choix, et personne ne songera à recourir à du blé de qualité inférieure pour l'engraissement, s'il peut obtenir au même prix du blé de choix, riche en amidon et en farine. L'herbe des prairies irriguées, le ray-grass arrosé par le sewage, renferment plus d'azote que les herbes des prairies sèches ou que le ray-grass venu sans engrais ; mais aucun fermier ne donnera la préférence aux premières, s'il peut se fournir d'herbe moins azotée, mais amenée à un degré plus parfait de maturité. Il en est de même pour les racines,

mangolds, rutabagas, turneps, etc. : ce n'est pas la matière azotée qui règle leur valeur nutritive, mais bien leur teneur en sucre et en autres principes non azotés. Quoique les graines des légumineuses renferment deux à trois fois plus de matières azotées que celles des céréales, l'éleveur ne recourt pas aux fèves, ni aux pois, pour obtenir la graisse ou la viande dans l'animal soumis à l'engraissement. Enfin, les tourteaux se classent, au point de vue de leur valeur pour l'engraissement, non pas tant en raison de leur teneur en substances albuminoïdes que de leur teneur en éléments facilement digestibles et non azotés. C'est pourquoi le tourteau de lin est préféré à celui de coton décortiqué, qui renferme 2 p. 100 d'azote en plus.

Fibre ligneuse. — La fibre ligneuse, quand elle est à l'état tendre dans les racines bien mûries, dans les herbes, les fanes et les pailles vertes des céréales, est digérée en grande partie par les animaux herbivores et mieux encore par les bêtes à cornes que par les moutons. Sa valeur nutritive, quoique faible, dépend de l'état de dureté où elle se trouve, dans les végétaux qui servent de nourriture, ou dans les déchets provenant du traitement des graines de céréales, du riz, etc.

Matières minérales. — Il n'y a pas lieu de tenir compte spécialement des matières minérales, quel que soit le rôle important qu'elles jouent dans l'économie, pour déterminer la valeur nutritive des aliments, car tous, sans exception, en renferment assez pour subvenir aux besoins des animaux. Toutefois, on remarquera que certains aliments, tels que les graines de légumineuses, riches en substances azotées, appropriées à l'alimentation du jeune bétail ou des vaches laitières, renferment plus de phosphate de chaux que les aliments moins azotés, employés pour le bétail adulte.

3. — Considérations pratiques sur l'alimentation et l'engraissement.

L'étude chimique qui va suivre des divers aliments que consomment les animaux de la ferme, soit qu'on les nourrisse pour le travail ou qu'on les engraisse pour la boucherie, doit être éclairée par des considérations pratiques, à l'aide desquelles le fermier et l'éle-

veur puissent estimer plus sûrement la valeur nutritive et l'application des aliments dans le but qu'ils recherchent.

L'analyse démontre bien que les aliments les plus riches renferment une grande quantité de composés albuminoïdes indispensables pour le développement de l'animal ; mais, quoique essentielles, les substances azotées doivent être associées à d'autres éléments pour subvenir à tous les besoins de l'organisme. Il en résulte que la proportion de composés albuminoïdes dans un aliment, tout en fournissant des indications utiles à l'éleveur, ne saurait servir de règle pour comparer la valeur nutritive des aliments entre eux. Tel aliment trop azoté fait du muscle et de la viande, mais altère la santé de l'animal parce qu'il aide mal à la respiration. Tel autre aliment également azoté et sucré forme de la graisse, mais ne répare pas les pertes musculaires, ou bien ne travaille pas à la charpente osseuse et, par conséquent, il ne convient pas aux animaux qui se développent ou qui s'exercent.

Aussi, est-ce dans une alimentation mixte, comprenant des substances plastiques et respiratoires, de même que des matières grasses, salines et minérales, que l'on trouve l'effet nutritif maximum, compatible avec la santé de l'animal. Ceci posé, l'éleveur devra tenir compte de l'âge, de l'espèce, des dispositions naturelles et de la des tination de l'animal qu'il a à nourrir ou à engraisser[1].

Age de l'animal. — Les animaux jeunes et en voie de croissance exigent une alimentation plus concentrée et plus facilement digestible que les animaux adultes ou âgés. Il faut, en effet, qu'ils entretiennent non seulement leurs muscles, mais qu'ils augmentent leur poids, et comme les fonctions s'activent davantage chez le jeune animal, il importe que sa nourriture renferme une dose plus élevée de substances plastiques et phosphatées. Cette condition explique la grande utilité du tourteau de lin et de la graine de lin en gelée pour le jeune bétail, en même temps que la mauvaise condition du bétail jeune, nourri avec trop de paille. Ainsi une nourriture économique qui convient aux bêtes de rapport peut ne pas convenir du tout aux bêtes qui n'ont pas atteint l'âge adulte.

1. *On the chemistry of food.* 1856.

Espèce de l'animal. — On sait par l'expérience que la meilleure ration pour les chevaux, n'est pas la meilleure pour les vaches ou pour les moutons; le bétail a d'autres exigences que le cheval. Cela résulte de l'organisation même de l'appareil digestif des animaux domestiques. Le même aliment agit différemment suivant les animaux ; les fèves, par exemple, qui sont très nutritives pour les chevaux, ne donnent aucun résultat comparable pour le bétail à l'engrais. La paille hachée, qui suffit à l'entretien des bêtes de travail, ne peut pas maintenir longtemps les moutons, ni les chevaux.

Dispositions de l'animal. — Les animaux de certaines races résistent à l'engraissement ou au développement, au delà d'une certaine limite naturelle. Ainsi, les vaches du Herefordshire et les courtes-cornes sont de bons animaux d'engraissement, tandis que les bêtes du pays de Galles et les vaches du Kerry, pour en mentionner seulement quelques-unes, ne s'engraisseront jamais, quoi qu'on fasse. La valeur nutritive des aliments peut donc être absolument dominée par les dispositions naturelles, héréditaires, de la race.

Destination de l'animal. — La valeur nutritive des aliments dépend enfin, dans une certaine mesure, de la destination de l'animal, suivant qu'il est appelé à travailler, à faire de la viande, ou à fabriquer du lait. La dose de nourriture qui entretient difficilement les chevaux en bonne condition pendant l'été, est plus que suffisante pour les maintenir, voire même les engraisser à l'écurie, pendant l'hiver. Plus le travail auquel sont soumis les animaux est dur, plus la déperdition musculaire est grande et exige une alimentation en matières plastiques.

Un régime d'alimentation très azotée, pour être très utile aux bêtes de travail, n'en est pas moins inerte et même nuisible, quand il s'agit de bêtes à engraisser, pour lesquelles les aliments doivent être amylacés ou riches en corps gras.

En admettant que l'on connaisse la composition des aliments et que l'on tienne compte des exigences qui viennent d'être énumérées, il n'est pas encore facile de prévoir le résultat pratique que donnera telle ou telle alimentation, car on ignore si les éléments sont plus ou moins assimilables par l'organisme animal. La digestibilité est donc un point essentiel à prendre en considération quand on raisonne de

valeur nutritive. Malheureusement, la série des faits chimiques de transformation qu'implique la digestion est mal définie, et le phénomène de l'assimilation est encore des plus obscurs ; ce qui n'empêche pas que certains faits ont été constatés, exerçant une influence sur l'assimilation, à savoir : l'espèce à laquelle appartient l'animal, la proportion et la nature de la fibre ligneuse, la teneur en composés albuminoïdes, le volume de la ration, l'état sous lequel les aliments sont préparés, et certaines matières en faibles proportions qui, faisant partie de l'alimentation, sont inconnues sous le rapport de l'action digestive.

L'espèce à laquelle appartient l'animal a une importance en ce sens que tel aliment, facilement assimilé par une espèce, ne l'est nullement par une autre et n'est pas digestible. Des expériences directes ont démontré que les vaches tirent une nourriture abondante de la paille hachée, tandis que les chevaux et les moutons ne profitent pas au même degré de cette alimentation. D'autre part, les aliments qui renferment peu de fibre ligneuse sont plus digestibles que les autres ; l'avoine, l'orge et les matières amylacées sont dans ce cas. L'état de la fibre ligneuse affecte à un haut degré la digestibilité. La fibre tendre de la première pousse de trèfle, de ray-grass, ou des racines, est plus facilement assimilée et convertie en amidon, en sucre, et finalement en graisse que celle de l'herbe ou des racines arrivées à pleine maturité dans le sol. Il est d'usage en Écosse, pour ce motif, de couper l'avoine quand la tige est encore verte à la partie supérieure et de nourrir avec cette paille le bétail pendant l'hiver. Les aliments trop azotés qui sont d'une digestion difficile pour le bétail, conviennent admirablement aux chevaux ; les fèves, les pois, etc., doivent être, en conséquence, distribués au bétail avec précaution. Le volume qu'occupent les aliments joue un rôle important chez les ruminants, en contribuant à l'activité des organes digestifs par l'effet stimulant produit sur les nerfs moteurs de ces organes. Les chevaux exigent une nourriture moins concentrée, moins volumineuse que le bétail. Le mode de préparation des aliments n'est pas sans importance pour en tirer l'effet le plus utile. Ainsi, la paille, quand elle est hachée, ou mieux encore, quand elle est traitée par la vapeur, constitue, en mélange avec les racines, une excellente ration

pour le bétail. Il en est de même de la mouture de l'orge, de celle de l'avoine, des tourteaux, etc. : soumis à la vapeur ou cuits dans l'eau bouillante, la plupart de ces aliments gagnent sous le rapport de l'assimilation de la fibre ligneuse. Ils diminuent en outre de volume et permettent, sans provoquer la mastication, d'augmenter la ration. Certains d'entre eux, comme le foin avarié ou le tourteau moisi, peuvent être utilisés de la sorte. Règle générale : plus l'animal est maintenu à l'état tranquille, sous l'influence d'une bonne température, plus l'assimilation s'opère avec facilité et plus l'engraissement progresse rapidement. Enfin, plusieurs substances ont une action spéciale sur le pouvoir digestif de l'animal ; ces substances reconnues par Liebig dans le jus de viande, doivent se retrouver, bien qu'en proportions très faibles, dans les sucs des végétaux.

Une autre remarque trouve ici sa place. La même alimentation, suivant l'époque de l'année, exerce une action très différente sur les animaux. Ainsi, il a été constaté qu'une période dangereuse pour les moutons est celle où on les fait parquer dans du trèfle ou des herbes au moment où la végétation s'active, c'est-à-dire lorsque, après un temps chaud succédant subitement à des pluies continues, pendant la première partie de l'année, la pousse se fait vigoureusement et l'herbe s'acidifie. Ce n'est pas, comme le supposent les éleveurs, parce qu'il y a trop d'eau, mais bien parce que les liquides des plantes n'ont pas été suffisamment élaborés. Vœlcker a reconnu, en effet, dans les cas semblables, qu'il y a toujours excès de matière nutritive, notamment de substances azotées, non pas à l'état d'albumine, de caséine, de gluten, ou d'une combinaison chimique établie, mais à l'état informe et indéfini. En outre, les matières salines abondent dans les sucs des plantes ainsi brusquement développées, lesquelles devaient servir, soit à l'assimilation de la nourriture atmosphérique, soit aux transformations en sucre, en gomme et en matières extractives. Dans certaines terres, comme celles du comté de Somerset [1] qui reposent sur le lias et d'autres qui reposent sur l'argile, cet état des substances alimentaires fournies par les plantes des prés produit le relâchement des moutons et même des bœufs.

1. *On the scouring lands of central Somerset.* 1862 ; voir tome I, p. 19.

On peut rechercher encore les motifs de l'action laxative du jeune trèfle, ou du ray-grass en première pousse, dans le fait qu'ils renferment plus d'acides organiques que les mêmes produits plus avancés vers la maturité, auquel cas ces acides se sont convertis en sucre. Il y a lieu de tenir compte que les acides organiques se modifient successivement dans l'organisme végétal, et offrent dans leurs modifications des effets différents au point de vue nutritif. L'acide oxalique, par exemple, qui se produit dans une variété de plantes au début de leur croissance, est un poison qui ne tarde pas à se transformer en acide citrique, de composition similaire, mais d'un effet bien différent, et l'acide citrique se change à son tour en acide malique, pour disparaître finalement, étant neutralisé par les matières qui s'accumulent dans la plante. Ces modifications chimiques que l'on n'a pas étudiées d'assez près, expliquent suffisamment les phénomènes que présente l'alimentation du bétail quand les racines ou les herbes n'ont pas atteint leur pleine croissance ou leur maturité[1].

On peut encore observer que la valeur pratique des aliments est dépréciée par certaines substances plus ou moins nuisibles, par les effets mécaniques d'autres éléments sur la digestion, par leur état physique et par la saveur ou l'odeur qu'elles laissent à la chair ou au lait. La graine de moutarde, le tourteau d'huile de ricin, constituent, par exemple, des aliments nuisibles pour le bétail. Le son, par ses arêtes aiguës, stimule les nerfs du canal digestif à un degré tel qu'il passe sans être digéré. Si les betteraves mangolds s'améliorent par la conservation au point de vue nutritif, les tourteaux avariés ou moisis causent de graves désordres dans l'estomac des animaux. Certains aliments sont impropres à cause du goût qu'ils donnent à la viande ou au lait, tels que la graine de fenugrec et plusieurs herbes de prairie.

4. — Valeur des résidus de l'alimentation pour le sol.

Il n'y a guère de cultivateur qui ignore que le fumier provenant de bétail nourri avec du grain ou du tourteau, possède un pouvoir

1. *Lecture by Professor Simonds on diseases in sheep ; remark by A. Vœlcker ; Roy. Agric. Soc. of England.* — *The Farmer's Magazine,* vol. XXXI, 1867, p. 326

fertilisant plus élevé que celui fourni par un bétail soumis à la ration de paille et de foin ; il en est de même du fumier fourni par le tourteau associé aux racines. Aussi convient-il, en choisissant des aliments concentrés pour le bétail, de savoir quelle part de la dépense incombe à l'engrais résultant de leur consommation. Cette détermination n'est pas facile, car si l'on peut doser avec une précision suffisante quels éléments et dans quelles proportions ces éléments ont passé dans le fumier, on arrive difficilement à fixer le bénéfice assuré par l'engrais, suivant qu'on l'applique à des terres fortes ou légères qui varient considérablement[1].

En général, les aliments diffèrent beaucoup moins entre eux comme valeur nutritive que comme valeur fertilisante. On ne constatera guère de différence comme poids vif dans un animal, qu'il ait été nourri, par exemple, avec une tonne de tourteau de lin, une tonne de tourteau de coton décortiqué, ou encore une tonne de grain, outre la ration usuelle de paille et de turneps ; mais l'engrais fourni dans chacun des cas montrera des différences très marquées.

La valeur fertilisante d'une ration dépend, en effet, de la proportion de matière azotée, de potasse et d'acide phosphorique entraînée dans les déjections de l'animal. Pratiquement, la totalité de la potasse et de l'acide phosphorique que renferment les aliments artificiels passe dans le fumier des animaux soumis à l'engrais ; mais la déperdition de l'azote varie suivant les expériences spécialement faites pour l'évaluer. On peut toutefois admettre, sans commettre une grave erreur, que 90 p. 100 de l'azote des aliments concentrés est recouvré dans les déjections solides et liquides, quand elles sont recueillies sans perte.

Dans le cas de jeunes bêtes ou de vaches laitières qui ne reçoivent pas un excès d'aliments concentrés, le fumier aura moins de valeur que celui des animaux à l'engrais, car une partie des éléments nutritifs azotés et phosphatés est absorbée par l'organisme pour l'accroissement du poids vif ou de la production du lait.

De toutes manières, la détermination de la valeur fertilisante des

1. *On the theoretical and practical value of purchased food, and of its residue as manure.* 1876.

aliments est basée sur des faits avérés, et bien que le mode de calcul puisse varier, il a été reconnu que, après avoir passé par l'organisme animal, la totalité des matières minérales et les neuf dixièmes de l'azote contenus dans les aliments, se retrouvent dans le fumier et l'urine. Les nombreuses recherches et les importantes expériences de MM. Lawes et Gilbert, commencées en 1847 et continuées à certains intervalles, jusqu'au temps présent, ont établi des facteurs pour calculer la proportion des éléments de la ration alimentaire, expirés, transpirés et évacués dans le fumier. Il a été reconnu ainsi que pour une somme d'accroissement produite, le bœuf évacue plus en fumier que le mouton, et le mouton plus que le porc ; cette relation est la même pour un poids donné de substance alimentaire sèche, consommée par les animaux, quoique le bœuf respire un peu moins que le mouton et le mouton un peu moins que le porc[1].

La composition des diverses espèces d'aliments étant fixée, on peut déterminer à l'avance, sans avoir besoin d'analyser le fumier produit par la consommation d'une tonne de chaque espèce, combien d'azote, de potasse et d'acide phosphorique existant dans la ration, se retrouvera dans le fumier produit. Comme, d'ailleurs, l'azote (ou son équivalent sous forme d'ammoniaque), la potasse et l'acide phosphorique (ou son équivalent sous forme de phosphate de chaux) ont une valeur comme fertilisants sur le marché, on peut calculer la valeur en argent du fumier résultant de la consommation d'une tonne de nourriture, de composition connue, par l'analyse.

Sur base de 1 fr. 80 c. le kilogramme pour l'ammoniaque, de 0 fr. 50 c. pour la potasse et de 0 fr. 25 c. pour le phosphate de chaux, M. Lawes a calculé la valeur en argent du fumier produit dans les circonstances qui viennent d'être indiquées ; mais en estimant que la somme entière des éléments fertilisants des diverses espèces d'aliments est incorporée dans le sol sans subir aucune perte (tableau CCXIX)[2].

Cependant, dans la pratique ordinaire de la ferme, il se produit

1. *The influence of chemical discoveries on the progress of English agriculture.* 1878.

2. *On the value of unexhausted manures by J. B. Lawes; Journ. Roy. Agric. Soc. of England,* vol. XI, part. I, 2e série, 1875.

TABLEAU CCXIX. — Valeur calculée du fumier produit par la consommation de différents aliments supposés de bonne qualité.

NUMÉROS.	ESPÈCES DE NOURRITURE.	VALEUR ARGENT du fumier produit par 1000 kilog.
1	Tourteau de coton décortiqué	162,50
2	— de colza	123,10
3	— de lin	115,60
4	— de coton non décortiqué	98,10
5	Lentilles	96,25
6	Fèves	92,50
7	Vesces	91,85
8	Graine de lin	91,25
9	Pois	78,10
10	Farine de maïs	38,75
11	Caroubes	28,10
12	Criblures de maïs	106,85
13	Son de froment	72,50
14	Recoupe grosse de froment	72,50
15	— fine de froment	71,25
16	Avoine	43,75
17	Froment	41,25
18	Malt	39,35
19	Orge	37,50
20	Foin de trèfle	56,85
21	— de prairie	38,10
22	Paille de fèves	25,60
23	— de pois	23,40
24	— d'avoine	16,85
25	— de froment	15,60
26	— d'orge	13,40
27	Pommes de terre	8,75
28	Panais	6,85
29	Betteraves disette	6,55
30	Navets de Suède	5,30
31	Turneps	5,00
32	Carottes	5,00

une certaine perte qui diffère en importance, suivant nombre de circonstances.

Ainsi, lorsque l'aliment est consommé sur le champ même par

les moutons, dans les bonnes saisons, la perte sera relativement faible. Lorsque le tourteau et le grain sont consommés dans des cours ouvertes, là où il pleut beaucoup, ou bien là où la litière est peu abondante, les éléments solubles du fumier se disperseront au contraire en causant une diminution notable de la valeur fertilisante. Cette dernière perte est beaucoup plus considérable que celle causée par l'évaporation. En général, le fumier produit dans les boxes où les animaux à l'engrais sont pourvus d'une abondante litière de paille hachée, conserve les matières fertilisantes bien plus complètement que celui obtenu dans les cours non abritées, avec une litière de paille longue.

En outre, les tourteaux et les autres aliments concentrés que consomment les jeunes animaux ou les vaches laitières, étant destinés à suppléer plus ou moins à la substance des os et des muscles, sinon aux éléments du lait vendu en dehors de la ferme, donnent une valeur additionnelle moindre au fumier que lorsque les animaux adultes, ayant atteint leur pleine croissance, sont nourris avec la même quantité de tourteau et d'autres aliments.

Indépendamment de ces causes de perte, que l'expert doit prendre en considération quand il estime la valeur fertilisante laissée au fond par la consommation des aliments concentrés, il y a d'autres motifs, exposés par Vœlcker, pour regarder les chiffres calculés par M. Lawes dans son tableau comme beaucoup trop élevés, sous le rapport de la valeur commerciale de l'engrais[1].

Ainsi, les composés azotés qui passent dans les déjections du bétail à l'engrais ne se trouvent que partiellement à l'état de sels ammoniacaux, mais surtout sous forme de combinaisons organiques, moins faciles à décomposer que les sels ammoniacaux et, par conséquent, ils représentent un prix plus réduit que le sulfate ammoniacal. D'autre part, le cours de 1 fr. 80 c. adopté par M. Lawes pour le kilogramme d'ammoniaque n'est pas exact, lorsque l'ammoniaque est étendue dans un engrais volumineux, chargé d'eau, comme le fumier. Il s'applique seulement à l'ammoniaque dans des engrais concentrés, d'un transport et d'une distribution sur le sol relativement moins coûteux.

---

1. *On the theoretical and practical value of purchased food, etc.* 1876.

Quoique évalués exactement comme valeur en argent, par M. Lawes, les divers articles d'alimentation concentrée, sous le rapport de leur valeur fertilisante, doivent subir, dans la pratique, une correction que M. Lawes a estimée à 20 p. 100, mais que Vœlcker estime entre 30 et 40 p. 100, lorsqu'il s'agit de fumier de cour.

D'ailleurs, l'analyse d'un aliment ne suffit pas pour éclairer sur sa valeur économique effective. Il n'y a rien, par exemple, au vu de l'analyse comparative des tourteaux de lin et de colza qui révèle une différence sensible dans leur valeur comme engrais. La teneur en huile est à peu près la même ; le tourteau de colza qui renferme un peu plus de matières albuminoïdes, vaut pourtant 100 fr. de moins que le tourteau de lin, par 1 000 kilogr. Il est vrai que le tourteau de colza vaut autant que le tourteau de lin pour le jeune bétail, et comme aliment complémentaire pour les vaches laitières, mais il est généralement considéré comme inférieur au tourteau de lin, quoique plus cher, quand il s'agit d'engraissement. Les motifs sont manifestes, si l'on songe que l'art de l'élevage des animaux pour la boucherie consiste à les nourrir le moins longtemps possible à l'aide d'une ration choisie, bien préparée et facile à digérer. Or, les bœufs mangent le tourteau de lin avec goût et en grande quantité, tandis qu'ils ne consomment le tourteau de colza, d'une saveur amère et âcre, que pour leurs stricts besoins et n'en tirent pas le même parti ; de telle sorte qu'en fin de compte, le tourteau de lin, qui vaut plus cher, est plus économique que le tourteau de colza pour l'engraissement du bétail en vue de la boucherie.

Entre le tourteau de coton décortiqué et le tourteau de coton à graines entières, la différence sous le rapport fertilisant est plus grande que celle entre leurs prix de vente respectifs, et la valeur nutritive supérieure du tourteau de coton décortiqué n'apparaît pas d'après le prix commercial. C'est qu'en effet, ce tourteau est trop riche en composés albuminoïdes pour les animaux herbivores, et, par conséquent, trop indigeste pour être consommé comme l'est le tourteau de graine de lin. D'ailleurs, les balles de la graine de coton qui ne jouissent intrinséquement d'aucune valeur nutritive, quand elles sont réduites en poudre, jouent le rôle d'agents de dilution par rapport à la graine elle-même et augmentent l'effet nutritif du tourteau non décortiqué.

De plus, les balles ligneuses renferment un principe astringent utile pour le bétail en pâture aux époques où le relâchement est fréquent, ou pour celui qui, nourri d'une manière trop succulente, est sujet à la diarrhée. Dans ces deux cas, le tourteau de coton à graines entières, de fabrication anglaise, agit comme médicament.

Ces exemples suffisent pour montrer que la valeur commerciale des aliments et, à plus forte raison, la valeur en argent des engrais résultant de leur consommation, est soumise à des correctifs pratiques, en dehors de ceux que révèle l'analyse.

II. — Aliments.

Dans le livre II consacré à la plante, nous avons examiné successivement, sur base des analyses adoptées ou directement exécutées par Vœlcker, la valeur nutritive comparée des parties de végétaux qui servent à l'alimentation des animaux de la ferme.

C'est ainsi qu'a été déterminée comparativement la valeur nutritive des avoines blanche et noire ; des pailles des céréales (froment, orge et avoine) ; de la paille de froment fermentée, des grains de millet, de sorgho et de dari ; des légumineuses (pois et fèves), des plantes fourragères à racine alimentaire, telles que les mangolds et leurs pulpes, la betterave disette, le panais, la carotte blanche, les raves et les rutabagas (tubercules et feuilles), la courge et le chou-rave ; des plantes fourragères non légumineuses : chou cultivé et chou-fleur, navette d'hiver, moutarde blanche, seigle vert et maïs-fourrage ; des plantes légumineuses des prairies artificielles et naturelles et de leur foin ; des fourrages verts ensilés ; enfin, des produits d'arbres et de quelques plantes industrielles comprenant le sorgho et la betterave à sucre, ainsi que la pulpe des sucreries.

Il nous paraîtrait superflu, en conséquence, de revenir ici sur une étude déjà faite et sur des conclusions qui ont trouvé leur place naturelle en regard de la composition chimique et du dosage des cendres des plantes énumérées, et nous réservons pour un examen détaillé dans le présent livre, les autres produits livrés, en dehors de l'avoine, de l'orge, du maïs et des fèves exotiques, par le commerce ou l'industrie, pour l'alimentation du bétail. Ces produits,

exportés pour la plupart des pays étrangers en Grande-Bretagne, peuvent se classer : 1° en graines, fèves et tourteaux de graines oléagineuses ; 2° en farines et déchets de mouture, résidus industriels et préparations diverses.

A. — *Graines et tourteaux.*

Graine de lin. — La graine de lin est spécialement riche en matières grasses déjà formées et en matières azotées, comme le montre sa composition chimique :

Humidité	7.50
Huile	34.00
Composés azotés	24.44
Composés non azotés	30.73
Matières minérales (cendres)	3.33
	100.00

Les cendres renferment des phosphates utilisables pour la formation des os ; de telle sorte que la graine de lin se prête admirablement à l'alimentation des bêtes jeunes et à l'engraissement des bêtes adultes. Il peut y avoir quelque divergence dans les avis des engraisseurs quant à la préférence à accorder à la graine par rapport au tourteau qui renferme des matières azotées en plus forte proportion ; mais pour l'engraissement, il ne saurait y avoir de doute. La graine contenant beaucoup plus de corps gras tout formés, offre l'avantage sur le tourteau que ces corps n'ont subi aucune transformation défavorable, surtout par la chaleur. Tandis qu'elle possède une saveur agréable et appétissante, le tourteau, à cause de l'huile rance dont il est imprégné, est souvent refusé par les animaux. En outre, les substances albuminoïdes et mucilagineuses sont plus solubles que dans le tourteau et plus digestibles.

Réduite en gelée, la graine de lin est employée utilement pour sevrer les veaux qui s'en délectent. A cet état, quand on la mélange avec de la paille hachée, de la farine et des turneps en rondelles, elle constitue un des meilleurs mélanges pour l'engraissement. Il n'y a qu'une précaution à prendre en recourant à cet aliment, c'est de ne pas excéder la proportion de graine qui amène le relâchement des animaux et s'oppose à l'engraissement rapide. Le tourteau ren-

fermant moins d'huile que la graine, peut être donné sans inconvénient à beaucoup plus forte dose.

Farine de graine de lin. — Il y a lieu, pour l'éleveur, de ne pas confondre la farine de graine de lin avec la farine de tourteau de graine de lin. La graine, écrasée ou moulue, renferme de 30 à 38 p. 100 d'huile, tandis que la farine de tourteau en contient en moyenne de 10 à 12 p. 100. On n'en trouve pas moins dans le commerce de la farine de graines traitées par le bisulfure de carbone, pour épuisement de la matière huileuse, et qui renferme de 3 à 4 p. 100 seulement d'huile ; mais alors cette farine ne saurait se débiter à des prix comparables, sans donner lieu à une coupable fraude[1].

La farine de graine traitée par le bisulfure de carbone, devenue un article d'exportation de l'Amérique et des ports du nord de l'Allemagne, a été analysée par Vœlcker sur un certain nombre d'échantillons de diverses provenances. Le tableau CCXX réunit plusieurs de ces analyses.

TABLEAU CCXX. — Composition de farines de graine de lin épuisée par le sulfure de carbone.

	1879.	1880.	
	I.	II.	III.
Humidité	12.60	10.15	11.15
Huile	3.50	2.80	2.15
Matières albuminoïdes [1]	31.93	29.25	30.75
Mucilage, sucre et fibre digestible	36.72	39.67	38.43
Cellulose	9.80	11.83	11.07
Matières minérales	5.45	6.30	6.45
	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	5.11	4.68	5.92

Sous le rapport économique, c'est la matière grasse, prête à l'assimilation, qui constitue l'élément essentiel des graines oléagi-

1. *Annual report, etc., for* 1879.

neuses pour la nourriture et l'engraissement des animaux ; quand la teneur s'abaisse aux environs de 3 p. 100 dans la graine, il importe de décompter de 40 à 50 fr. par tonne sur le prix courant du tourteau de lin pur et de n'acheter la graine moulue qu'en raison du mucilage et du mélange utile qu'elle fournit dans la ration[1].

1. — Tourteau de lin.

Le tourteau de graine de lin est fabriqué en Angleterre, mais il y est importé également en provenance de France, de Hollande, de Belgique, d'Allemagne, de Russie, d'Italie, d'Amérique et d'autres pays. Il est de beaucoup préféré et plus largement employé que le tourteau de colza pour l'entretien et l'engraissement des animaux, moutons et bœufs.

Le tourteau anglais se cote sur le marché à un prix plus élevé que les autres, parce qu'il est plus pur et en meilleure condition ; il y a toutefois peu de différences dans la composition chimique qui justifient un écart de prix entre les tourteaux anglais et américains, par exemple. Si les produits anglais renferment un peu plus d'huile, on peut dire, comme pour les tourteaux américains, qu'ils sont généralement secs, exempts de moisissures et d'odeur rance et qu'ils possèdent une saveur douce et agréable. Leur fabrication est évidemment plus soignée que sur le continent où le degré de température pour l'extraction de l'huile est le plus souvent élevé, au détriment de la saveur et de la valeur du résidu. En outre, la production est limitée en Angleterre et possède un débouché avantageux ; le tourteau anglais, comme le tourteau américain, est bien moins falsifié par l'addition de graines oléagineuses autres que celles du lin.

Le tourteau de lin renferme relativement peu d'eau, 12 p. 100 environ, tandis que, comme on l'a vu dans le tableau CCXVIII, la proportion d'eau dans les choux, les mangolds, les rutabagas, etc., excède 87 et 88 p. 100. Le turneps ordinaire renferme de 90 à 92 p. 100 d'eau, et au delà dans les racines de grosses dimensions.

Si la teneur en fibre ligneuse du tourteau de lin est de 14 p. 100 environ, celle en huile s'élève à 10 et 12 p. 100 et les matières

1. *Annual report, etc., for* 1880.

azotées propres à former la fibre musculaire, dosent de 24 à 27 p. 100. Le tourteau de lin se prête donc à deux fins, c'est-à-dire à l'engraissement et à l'augmentation du poids vif de l'animal.

Vœlcker a publié l'analyse de tourteaux de lin anglais, comparée à celle de tourteaux américains, choisis à peu près au même état de siccité et de bonne conservation :

	TOURTEAUX DE LIN	
	anglais.	américains.
Eau	13.20	11.64
Huile	10.30	10.43
Fibre ligneuse	12.90	14.26
Composés albuminoïdes (plastiques)	29.75	24.01
Mucilage, gomme, etc. (respiratoires)	28.23	34.44
Cendres (matières minérales)	5.62	5.22
	100.00	100.00
Composition des cendres.		
Phosphates de chaux et magnésie	2.78	2.90
Sels alcalins	1.86	1.90
Sable et silice soluble	0.98	0.42
	5.62	5.22

La Russie et l'Inde sont les pays producteurs par excellence de la graine de lin. Le commerce des ports de la mer Noire est principalement entre les mains de maisons grecques, tandis que celui des ports de la Baltique (Pétersbourg, Arkhangel, Riga, etc.), comme des ports de l'Inde (Bombay et Calcutta), est fait par des maisons anglaises et allemandes.

La graine de lin, triée et nettoyée, renferme encore jusqu'à 4 et 5 p. 100 de petites graines étrangères, mais à cet état elle peut passer pour être pure, au point de vue de la fabrication de l'huile et des tourteaux alimentaires.

Le tableau CCXXII (page 34) reproduit l'analyse de graines de lin de diverses provenances prélevées sur des échantillons de bonne qualité. Indépendamment des différences de teneur en huile et en matières azotées de ces diverses graines, on peut dire que la graine exportée de la mer Baltique, notamment de Morshanski, a une enveloppe plus tendre, des dimensions plus petites et fournit des tourteaux plus nourrissants que celle de l'Inde. La graine de Bombay est

moins colorée que celle de Russie et devient moins gélatineuse quand on la traite par l'eau[1].

Vœlcker a déterminé non seulement la proportion d'impuretés dues à des graines étrangères, mais les espèces de graines que renferme le produit commercial importé en Angleterre. C'est ainsi qu'il a trouvé, comme graines adventices, dans la graine de lin :

TABLEAU CCXXI. — Proportion d'impuretés dans la graine de lin du commerce.

	P. 100.
De Bombay (ordinaire)	4.50
— (1re qualité)	1.75
De la mer Noire, n° 1	20
— n° 2	12
— n° 3	19
D'Odessa	12.50
De Morshanski	7
De Pétersbourg (1re qualité)	3
De Péterbourg Rijeff (ordinaire)	41
— — (2e qualité)	43.50
— — (3e qualité)	70
De Riga (qualité moyenne)	35
— (à broyer, n° 1)	42
— (— , n° 2)	49.50

On ne peut qu'être surpris de voir livrer, par le commerce, de la graine de lin renfermant au delà de 25 à 30 p. 100 de graines adventices ; mais il a été constaté que les graines provenant du nettoyage des qualités de choix sont ajoutées après coup pour permettre d'écouler des graines de lin de deuxième et de troisième qualité.

Parmi les graines impures, Vœlcker a déterminé au microscope les espèces suivantes :

1. *Brassica rapa* (rabioule) et 2. *Sinapis glauca* (moutarde jaune), qui donnent au tourteau un goût piquant de turneps. Les graines de navette de l'Angleterre renferment 18.5 p. 100 et celles de l'Inde 19.43 p. 100 de matières azotées ;

3. *Sinapis arvensis* (moutarde des champs, ou rouge) et 4. *Sinapis alba* (moutarde blanche). Ces deux moutardes, par la digestion

1. *On the characters of pure and mixed linseed cakes.* Août 1872.

dans l'eau, produisent des huiles essentielles très âcres. Les cuticules qui ressemblent à celles de la navette, se distinguent au microscope par leurs cellules de forme hexagonale. La moutarde des champs renferme :

Azote	3.99
Égal à matières albuminoïdes	24.93
Matières minérales	5.13

5. *Camelina sativa* (cameline cultivée) ; graine d'un jaune vif qui ressemble à celle du cresson ; elle abonde dans la graine de lin venant de la Baltique et donne au tourteau de lin un goût alliacé très désagréable. Sa teneur en azote est de 3.46 p. 100, équivalent à 21.62 de matières albuminoïdes ;

6. *Cuscuta epilinum* (cuscute du lin), petite graine ronde, sale et d'un brun verdâtre, parasite du lin ;

7. *Linum catharticum* (lin cathartique) ; graine jaune, luisante, purgative ;

8. *Agrostemma githago* (agrostemme niellée) ; graine farineuse, en capsules ovoïdes, à épiderme strié de noir ; elle renferme 2.56 p. 100 d'azote, correspondant à 16.01 de matières albuminoïdes, et rend la farine malsaine ;

9. *Viola tricolor* (pensée) ;

10. *Milium effusum* (millet commun) ;

11. *Centaurea cyanus* (centaurée bleue ou bluet) ; graine grise, soyeuse, avec pappes d'un blanc sale ; elle dose 2.21 p. 100 d'azote, équivalent à 14.41 p. 100 de matières albuminoïdes ;

12. *Centaurea nigra* (centaurée noire) ;

13. *Rumex acetosella* (rumex petite oseille) ; graines petites, triangulaires, d'un brun jaunâtre ; diverses autres espèces de rumex sont également mélangées ;

14. *Chenopodium* (ansérine) ; graine fine, noire, luisante et dure, renfermant 2.56 p. 100 d'azote, égal à 16.01 p. 100 de matières albuminoïdes ;

15. *Leontodon taraxacum* (faux pissenlit) ;

16. *Raphanus raphanistrum* (radis sauvage) ; graine très âcre qui donne un goût désagréable au tourteau ;

17. *Galium aparine* (gaillet gratteron) ;

18. *Lolium temulentum* (ivraie enivrante) ; grande graine, analogue à celle du ray-grass, qui possède, dit-on, des propriétés spéciales causant le vertige, les vomissements et l'ivresse. Elle dose 1.89 p. 100 d'azote, égal à 11.81 p. 100 de matières albuminoïdes ;

19. *Lotus* (lotier) et autres graines des papilionacées ;

20. *Spergula arvensis* (spargoule des champs) ; graines petites, rondes et uniformes, rudes, d'un noir terne, contenant beaucoup d'amidon. Ces graines donnent une odeur particulière de moisi ou de cage. L'analyse indique pour leur composition :

Eau	12.53
Huile	10.19
Matières albuminoïdes [1]	5.62
Amidon et fibre digestible	59.13
Cellulose	8.86
Matières minérales	3.67
	100.00
1. Contenant azote	0.90

21. *Polygonum aviculare* (renouée aviculaire) ; graine brune, finement striée et pointillée ; très commune dans la graine de lin impure ;

22. *Polygonum convolvulus* (renouée liseron) ; graine triangulaire, semblable à celle du sarrasin, mais plus petite ;

23. *Polygonum fagopyrum* (sarrasin) ; grain farineux, abondant dans certaines variétés commerciales de graine de lin ;

24. *Trifolium* (trèfle) ; graines de diverses espèces de trèfle.

L'examen botanique conduirait à déterminer beaucoup d'autres graines que celles qui viennent d'être énumérées, et ne ferait qu'allonger la liste.

Les caractères de la graine de lin, pratiquement pure, sont faciles à fixer. En maintenant dans 100 grammes d'eau chaude, 5 grammes, par exemple, de graine de lin et en l'agitant de temps à autre, on obtient au bout d'une heure une gelée épaisse qui a une saveur et une odeur agréables. L'eau n'est colorée qu'en jaune clair, et la solution est neutre au papier de tournesol. Si l'on fait bouillir un peu de tourteau en poudre dans l'eau distillée et qu'on laisse refroidir en plongeant dans l'eau froide, on ne voit aucune réaction se produire,

sauf une légère coloration verdâtre, par l'addition de quelques gouttes d'une solution iodée. Il n'y a donc pas d'amidon dans le tourteau de lin pur.

Dans le tableau CCXXII, Vœlcker a groupé un choix d'analyses de tourteaux de lin, classées suivant la teneur en matières albuminoïdes, pour répondre à la demande souvent faite : quelle est la composition d'un tourteau de lin pur ? Le tableau montre qu'il ne peut être répondu catégoriquement à cette demande ; d'autant plus que par l'introduction d'autres matières à bon marché, riches ou pauvres en matières azotées, en matières grasses et en amidon, on arrive à imiter exactement la composition centésimale du tourteau pur, de façon à défier l'analyse.

En règle générale, les tourteaux venant de Pétersbourg ou de Riga sont plus riches en albuminoïdes que ceux fabriqués avec la graine de Bombay, et les tourteaux obtenus à l'aide des graines de la Baltique ont une couleur plus foncée et deviennent plus gélatineux. Dans les tourteaux de Bombay, la graine est mieux figurée, étant plus grande et pourvue d'une enveloppe plus résistante. Beaucoup de tourteaux américains sont fabriqués avec de la graine de lin de Bombay ; quand ils sont expédiés en barils, ils arrivent dans un bien meilleur état de conservation que ceux emballés dans des sacs. Depuis l'emploi de presses plus puissantes pour l'extraction de l'huile, les tourteaux américains sont plus minces et moins riches en matière grasse.

Les tourteaux de Marseille sont également trop fortement comprimés et plus pauvres en huile ; mais ils se gardent bien et pourvu qu'on les concasse suffisamment, ils constituent un excellent aliment dans lequel la graine a été nettoyée.

Les tourteaux de Hongrie et de Naples renferment beaucoup d'impuretés sous forme d'avoine sauvage et de graminées diverses, mais leur bas prix et leur bon état font qu'ils sont recherchés comme étant économiques.

Accidents dus aux tourteaux de lin. — Dans la plupart des cas où des accidents ont été attribués aux tourteaux, il a été difficile de déceler des ingrédients nuisibles à la santé du bétail, mais en revanche, on a pu facilement constater que, sans exception, les tourteaux

TABLEAU CCXXII. — Composition de divers tourteaux de lin, riches, moyens et pauvres en matières azotées.

	TOURTEAUX RICHES								TOURTEAUX MOYENS					TOURTEAUX PAUVRES				
	AMÉRICAINS.		ANGLAIS. — Graine russe.	ANGLAIS.	AMÉRICAINS.	ANGLAIS.		MARSEILLE.	ANGLAIS.			AMÉRICAINS.		AMÉRICAINS.		ANGLAIS.		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Graine de Bombay. 14	15	16	17	18
Humidité.	9.90	11.44	14.93	10.26	11.66	12.01	12.17	11.62	11.53	12.41	13.62	10.51	11.88	11.98	9.92	11.28	12.78	14.21
Huile.	11.62	10.97	11.81	12.28	13.80	12.36	10.44	10.32	15.84	15.64	13.96	12.35	10.91	12.14	9.88	10.35	11.20	12.31
Matières albuminoïdes[1]. .	35.31	34.19	33.06	31.94	30.50	33.01	33.25	31.18	28.06	27.87	28.87	26.41	28.18	25,12	23.25	23.50	21.93	23.33
Mucilage, sucre et fibre digestible.	25.55	27.52	20.06	30.22	25.10	22.70	24.65	26.24	22.46	23.79	25.43	27.91	27.44	31.01	35.46	35.51	31.51	28.53
Cellulose (fibre indigestible)	11.91	8.86	14.06	8.58	12.02	14.19	13.33	11.91	15.18	14.85	12.72	15.38	14.66	11.74	13.73	11.80	12.66	14.60
Matières minérales[2]. . . .	5.68	7.02	5.74	6.72	6.92	5.73	6.14	8.73	6.93	5.44	5.40	7.38	6.90	8.01	7.76	7.56	6.92	6.36
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	5.65	5.47	5.29	5.11	4.88	5.28	5.32	4.99	4.49	4.46	4.62	4.23	4.51	4.02	3.72	3.76	3.99	3.83
2. Contenant sable	0.78	1.54	0.96	4.82	1.74	0.57	0.83	1.77	1.48	1.03	0.64	2.08	2.10	2.66	2.45	2 32	1.96	1.64

avaient été trop pressés, quelquefois plus durs que du bois, et qu'ils étaient privés d'huile. C'est le résultat des machines perfectionnées employées dans les moulins à huile, et qui était bien moins fréquent autrefois.

Les tourteaux imprégnés d'huile ne sont pas seulement plus nutritifs et plus appropriés pour l'engraissement, mais encore plus tendres, plus aisément concassés et assimilables, en raison même de leur teneur en matières albuminoïdes.

L'état de division mécanique du tourteau doit être pris en sérieuse considération et il importe beaucoup que les produits trop durs soient très finement brisés, voire même, réduits en farine, afin de prévenir les cas d'indigestion et d'inflammation, si funestes pour le bétail[1].

En regard de trois tourteaux de qualités moyenne, bonne et supérieure, le tableau CCXXIII montre la composition de tourteaux trop

TABLEAU CCXXIII. — Composition relative des tourteaux de lin purs et huileux et des tourteaux trop fortement pressés.

	TOURTEAUX PURS HUILEUX			TOURTEAUX PURS TROP PRESSÉS.				
	moyen. 1	bon. 2	supérieur. 3	4	5	6	7	8
Humidité	13.25	12.44	12.06	12.02	11.03	12.10	11.01	11.10
Huile	10.33	12.16	13.76	6.76	7.93	7.37	6.33	6.83
Matières albuminoïdes[1]	32.05	29.56	29.31	31.75	27.31	28.31	32.91	25.87
Mucilage, sucre et fibre digestible	30.80	31.18	29.96	33.62	35.99	36.13	35.07	36.82
Cellulose (fibre indigestible)	8.26	8.67	10.13	10.37	7.16	9.59	8.90	10.73
Matières minérales (cendres)[2]	5.30	5.99	4.78	5.13	10.08	6.10	5.75	8.65
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	5.13	4.73	4.69	5.08	4.45	4.53	5.27	1.11
2. Contenant sable	0.40	1.29	0.64	0.19	4.74	1.35	0.15	3.65

pressés, pauvres en huile et d'autant plus indigestes qu'ils tiennent plus de matières albuminoïdes.

1. *Annual report etc., for* 1883. Avril 1884.

2. — Autres tourteaux alimentaires et de mélange.

Les tourteaux oléagineux qui se consomment en plus grandes quantités pour le bétail, après ceux de graines de lin, sont les tourteaux de colza, de coton et de noix de palme. Le tourteau de lin jouit auprès des fermiers d'une supériorité marquée sur les autres ; le tourteau de colza est l'objet d'importations considérables en Grande-Bretagne ; celui de coton également, en provenance d'Amérique. Deux autres tourteaux, ceux de pavot et de moutarde, sont moins régulièrement offerts sur le marché ; mais l'importation du tourteau de noix de palme a pris dans ces dernières années un grand développement.

Pour établir la composition moyenne de ces divers produits, Vœlcker a réuni les analyses qu'il a faites personnellement de nombreux échantillons de diverses provenances, à celles publiées par les chimistes Way et Anderson [1]. Au sujet du tableau CCXXIV qui offre la composition moyenne des six tourteaux, Vœlcker fait remarquer

TABLEAU CCXXIV. — Composition moyenne des tourteaux oléagineux.

		TOURTEAUX DE GRAINES					TOURTEAU de noix de palme.
		de lin.	de colza.	de pavot.	de coton.	de moutarde.	
Humidité		12.41	10.68	11.63	11.19	11.90	10.88
Huile		12.79	11.10	5.75	9.08	6.69	10.37
Matières azotées (albuminoïdes)		27.28	29.53	31.46	25.16	23.48	18.09
Matières non azotées	Hydrates de carbone	41.36	40.90	38.18	48.93	52.11	56.85
	Matières minérales	6.13	7.79	12.98	5.61	5.79	3.81
		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

que les différences de teneur pour l'huile et les substances azotées sont souvent plus grandes dans les tourteaux fabriqués avec la même graine que dans ceux obtenus avec des graines différentes. Il n'est pas rare que le tourteau de lin qui sert de type et dont la

1. *On the chemistry of food, etc.*, p. 11.

teneur moyenne en huile est indiquée de 12.79 p. 100, renferme moins d'huile que le tourteau de colza dont le dosage moyen est seulement de 11.10 p. 100. Il importe donc de ne point attacher trop d'importance, pour estimer la valeur nutritive des tourteaux, à des différences que révèle l'analyse, mais que la pratique ne sanctionnerait pas.

A. — *Tourteau de colza.*

Ce tourteau, quand il est de bonne qualité, contient à peu près autant d'huile et plus de matières azotées que le meilleur tourteau de lin. S'il n'est pas supérieur au point de vue chimique, du moins est-il également nutritif, et pourtant, d'après les résultats des éleveurs compétents, le tourteau de lin est recherché comme plus avantageux. Les motifs de cette supériorité sont faciles à découvrir. En premier lieu, le tourteau de colza a une saveur prononcée, âcre, pour lequel le bétail n'a point d'appétence et l'appétence de l'animal, bien qu'on puisse plus ou moins la gouverner, est un signe de la convenance de l'alimentation qui lui est fournie. En second lieu, l'huile de colza qui a une odeur naturelle désagréable, se rancit facilement et le tourteau n'est plus mangeable. Troisièmement, le tourteau de colza renferme plus du double de fibre ligneuse non digestible. Enfin, le tourteau de lin est beaucoup moins frelaté par l'addition d'autres graines, telles que la moutarde, le sénevé, etc., qui ont un goût amer et âcre, ou des propriétés parfois toxiques.

Le tourteau de colza est souvent détérioré par la graine de moutarde. En France, en Belgique et en Allemagne où la culture du colza se fait en grand, les champs sont parfois infestés par la moutarde que l'on n'arrache pas, puisqu'elle donne aussi des graines oléagineuses.

Ce mélange qui n'affecte pas autant les moutons, est nuisible au gros bétail. Le tourteau de colza exempt de graines étrangères constitue au contraire un aliment précieux et économique. Le meilleur est expédié d'Allemagne ; celui de l'Inde, à cause de la présence de la moutarde, n'est guère vendu que comme matière de mélange frauduleux avec le tourteau de lin, comme matière de préparation pour les rations alimentaires, et le plus souvent pour engrais.

Dans le tableau CCXXV figurent les analyses de trois tourteaux de provenances différentes ; le n° 1 s'applique à un tourteau de fabrication anglaise, avec de la graine renfermant un peu de moutarde et d'autres impuretés, puisque la proportion de sable y excède 6 p. 100. Le n° 2 représente un tourteau allemand (*Rübsen cake*) d'excellente qualité, comparable au tourteau de lin sous le rapport des matières azotées, mais moins riche en huile. Le n° 3 venant de l'Inde, se rap-

TABLEAU CCXXV. — Composition de tourteaux de colza de diverses provenances.

	ANGLAIS. 1	ALLEMAND. 2	INDIEN. 3
Eau	9.14	10.82	12.07
Huile	10.84	8.72	10.31
Matières albuminoïdes [1]	28.31	33.81	34.12
Mucilage, sucre et fibre digestible	25.84	28.05	29.15
Cellulose (fibre indigestible)	11.16	11.49	7.38
Matières minérales [2]	14.71	7.10	6.97
	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	4.53	5.41	5.46
2. Contenant sable	6.15	0.52	0.75

proche par sa composition du n° 2 ; mais la graine de moutarde y est si abondante que de 100 grammes on a pu extraire assez d'huile essentielle pour convaincre les plus incrédules du danger de cette nourriture. Du reste, ce même tourteau causa la mort de trois bœufs qui en avaient consommé une faible quantité, en même temps que d'autres aliments [1].

B. — *Tourteaux de coton.*

L'importation des tourteaux de coton américains, depuis trente ans, a augmenté considérablement les ressources en aliments concentrés dont disposent les éleveurs et les engraisseurs de la Grande-

1. *On the characters of pure and mixed linseed cakes.* Août 1872.

Bretagne ; elle a engagé les industriels anglais à fabriquer également des tourteaux avec des graines entières importées d'Égypte et de l'Asie.

La graine du cotonnier (*Gossypium barbadense*) qui se cultive en grand dans les États-Unis du sud, l'Inde, la Chine, l'Égypte et l'intérieur du continent africain, etc., donne une huile colorée en brun foncé, demi-fluide et d'une odeur agréable, qui, lorsqu'elle a été épurée, se prête aux mêmes emplois que les autres huiles. La décoloration de l'huile brute de coton offre certaines difficultés qui font que l'on renonce dans beaucoup de localités à l'extraire, et que l'on rejette les graines, quand on ne les convertit pas en engrais.

Au début des importations des tourteaux de coton de Saint-Louis et de la Nouvelle-Orléans, l'état du produit était tel, par suite de la fabrication défectueuse et du long emmagasinement, que le débit fut pendant quelque temps impossible. Non seulement les tourteaux étaient humides, acides et moisis, mais ils renfermaient pour 5 à 6 p. 100 d'huile, plus de 30 p. 100 de fibre ligneuse résultant de l'enveloppe dure et colorée de la graine, non digestible. Depuis lors, le coton a été décortiqué et mis en tourteaux épais ou minces ; le tourteau à graines entières non décortiquées a été mieux préparé, et on l'a concassé pour favoriser le débouché auprès des fermiers.

Aucun tourteau, dans le commerce, n'offre des variations aussi grandes que celui de coton par rapport aux principes actifs de la nutrition ; il est indispensable d'en déterminer la composition pour guider les éleveurs dans la formule des rations qu'ils donnent aux animaux.

Les analyses que Vœlcker a faites des tourteaux de coton décortiqué, en gâteaux minces et épais, des tourteaux de coton à graines entières et des tourteaux décortiqués, mais réduits en farine grossière, sont groupées dans le tableau CCXXVI[1].

Tourteaux de coton décortiqué (gâteaux minces). — Ces tourteaux de même forme et de même épaisseur que ceux de lin, venant également des États-Unis, ont une couleur jaune faible, une odeur peu

1. *Report on the composition and nutritive value of cotton cake.* Décembre 1858.

TABLEAU CCXXVI. — Composition des tourteaux de graines de coton.

	TOURTEAUX DE COTON DÉCORTIQUÉ (MINCE).								COTON décortiqué (épais).		COTON graines entières.					FARINE de graine décortiquée.	
	1	2	3	4	5	6	7	Moyenne. 8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Eau	7.67	8.27	9.01	10.37	10.01	9.41	10.19	9.28	10.25	9.08	10.53	12.03	11.46	8.86	8.61	9.40	10.21
Huile	14.93	19.19	17.93	13.98	17.21	15.64	13.50	16.05	14.05	19.31	6.10	6.37	6.07	29.34	12.57	17.39	19.71
Matières albuminoïdes [1]	43.21	42.62	41.81	40.68	40.48	42.75	37.18	41.25	41.31	43.31	22.62	25.62	22.94	22.75	43.12	43.81	40.25
Gomme, mucilage, sucre et fibre digestible	14.47	12.25	13.67	18.88	18.09	14.83	22.97	16.45	18.05	10.45	26.48	29.90	36.52	7.53	24.86	11.21	16.38
Cellulose (fibre non digestible)	11.45	10.12	8.80	9.01	6.67	7.71	8.71	8.92	8.40	10.41	26.96	19.79	16.99	24.69	5.82	10.44	5.84
Matières minérales (cendres) [2]	8.27	7.45	8.78	7.08	7.54	9.66	7.45	8.05	7.94	7.38	7.31	6.29	6.02	6.78	5.02	7.75	7.61
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	6.91	6.82	6.69	6.58	6.17	6.84	5.95	6.58	6.61	6.93	3.62	4.10	3.67	3.64	6.90	7.01	6.44
2. Contenant :																	
Sable	Indét.	Indét.	Indét.	0.68	1.53	Indét.	0.46	»	»	»	1.76	0.91	»	»	»	»	»
Phosphates	»	»	»	»	»	»	1.27	»	»	»	3.83	»	»	»	»	»	»
Sels alcalins	»	»	»	»	»	»	2.77	»	»	»	1.72	»	»	»	»	»	»
(Acide phosphorique)	»	»	»	»	»	»	(0.82)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

sensible et une saveur indifférente. On y aperçoit çà et là des fibrilles de coton et très peu d'enveloppes de graines. Mis en poudre grossière et mélangé avec de l'eau, le tourteau de coton ne devient pas gélatineux comme le tourteau de lin, et n'exhale aucune odeur piquante comme le tourteau de colza ; il renferme en effet peu de mucilage et aucun principe susceptible de développer une huile essentielle.

Le bétail s'habitue très bien au tourteau de coton, même s'il est habitué à consommer le tourteau de lin.

Les analyses nos 1 à 8 du tableau CCXXVI montrent que le tourteau de coton décortiqué renferme près d'un tiers en plus d'huile, par rapport à celui de lin ; mais la teneur en huile offre jusqu'à des variations de 5 à 6 p. 100 entre les divers échantillons. De même, le tourteau de coton contient plus de matières azotées, et comme la plus grande partie de l'azote de la ration passe sans être assimilée dans les déjections des animaux, le fumier du bétail nourri de tourteau de coton est évidemment enrichi. En revanche, la teneur en mucilage et autres matières respiratoires est plus faible que dans le tourteau de lin. La fibre ligneuse non digestible titre à peu près autant dans les deux tourteaux. Enfin, les cendres sont riches en phosphate pour la formation des os.

Tourteaux de coton décortiqué (gâteaux épais). — L'épaisseur de ces tourteaux varie entre 6 à 7.5 centimètres ; il n'y a pas d'autre différence comme aspect avec les gâteaux minces ; mais comme ils sont très durs et difficiles à concasser à l'aide des appareils ordinaires, on les débite à meilleur prix. D'après les analyses 9 et 10, tableau CCXXVI, on reconnaîtra que la composition est identique. Quoique plus fortement pressés, les tourteaux épais renferment autant d'huile, mais dont la couleur est plus foncée que dans les tourteaux minces.

Tourteaux de coton (graines entières). — L'aspect de ces tourteaux est moins satisfaisant que celui des précédents. Colorés en brun-foncé, ils contiennent en abondance les enveloppes dures très reconnaissables de la graine et constituent une nourriture inférieure. Les tourteaux fabriqués en Angleterre avec la graine de coton importée et épurée ont meilleur aspect que ceux expédiés d'Amérique.

Ils ont à l'état frais une couleur verdâtre qui devient brune pendant l'emmagasinage.

Les analyses 11, 12 et 13, tableau CCXXVI, montrent que la proportion d'huile dans les tourteaux bruts est bien plus faible que dans ceux décortiqués.

Il en est de même des composés albuminoïdes ; mais la teneur en fibre ligneuse non digestible y est plus élevée et assigne au tourteau une valeur nutritive moitié moindre.

La fibre ligneuse non digestible qu'indiquent les analyses est le résidu du traitement par l'eau froide, par l'eau chaude, par une dissolution de potasse et finalement par de l'acide sulfurique dilué, qui dissolvent les matières albuminoïdes, pectiques, etc., et laissent un produit insoluble. Dans le tourteau n° 11, de qualité très inférieure, Vœlcker a constaté la présence de 58.42 p. 100 d'enveloppes ; c'est une quantité qui excède notablement celle des graines nécessaires à la fabrication du tourteau et dénote une fraude condamnable.

Quand les graines de coton sont soigneusement épurées, c'est-à-dire privées d'une partie de l'enveloppe grossière et indigeste, le tourteau acquiert une valeur nutritive considérable. L'échantillon n° 14 d'un tourteau ainsi préparé renferme près du double d'huile par rapport à celui de coton décortiqué [1]. Quant au n° 15, moins riche en huile, mais aussi riche que le tourteau de coton décortiqué, il est également supérieur au tourteau de coton graines entières, au prix de 210 fr. la tonne. Vœlcker considère qu'à ce prix on obtient une ration économique, soit avec 1 p. 100 de tourteau et 2 ou 3 p. 100 de maïs, soit avec 1 p. 100 de tourteau, 1 p. 100 de maïs et 2 p. 100 de farine d'orge [2].

Farine de tourteaux de coton décortiqué. — Les tourteaux épais de coton décortiqué sont concassés mécaniquement et réduits en poudre grossière que l'on dessèche dans des fours pour pouvoir en assurer la conservation. Cette farine en grumeaux, d'après les analyses 16 et 17, tableau CCXXVI, offre une composition identique à celle du tourteau décortiqué et se vend toutefois à un prix inférieur.

---

1. *Annual report etc., for* 1865.
2. *Annual report etc., for* 1875.

L'analyse des cendres a été déterminée au laboratoire de Vœlcker comme il suit :

Potasse	30.045
Chaux	3.750
Magnésie	13.500
Oxyde de fer	1.530
Acide phosphorique	39.649
Acide sulfurique	0.930
Acide carbonique	0.362
Silice soluble	3.252
Matière siliceuse insoluble	17.706
	99.724

Comme les autres graines oléagineuses, celle de coton est bien pourvue de phosphates de chaux et de magnésie, de potasse et de sels potassiques ; mais on n'a pas pu découvrir dans ses cendres la soude, ni le chlorure de sodium.

Emploi du tourteau de coton. — Au point de vue pratique, les deux variétés de tourteaux de coton, à graine entière et à graine décortiquée, sont largement employées par les engraisseurs anglais. Ceux à graine entière ont été trouvés surtout utiles pour les moutons et les bœufs en pacage, aux époques de l'année où les animaux sont sujets à la diarrhée ; on les donne également avec profit au bétail nourri d'une manière trop succulente et qui a une tendance à des évacuations trop liquides. Dans ce dernier cas, c'est le principe astringent contenu dans l'enveloppe de la graine qui agit.

Le tourteau de coton décortiqué, beaucoup plus concentré comme aliment, est trop riche en éléments azotés pour convenir seul à une saine alimentation des animaux herbivores. Légèrement indigeste, il demande à être broyé plus fin que ne l'est le tourteau de lin. Il importe non moins de le distribuer aux animaux à l'engrais en quantités modérées et toujours en mélange avec environ le double de son poids de maïs broyé, de farine d'orge, ou de toute autre farine amylacée, moins pourvue de matières albuminoïdes[1].

L'expérience a de plus montré que lorsque les moutons parqués

1. *Annual report etc., for* 1871.

sur des pâtures pauvres et maigres, sont obligés de parcourir de grandes distances pour satisfaire leur faim, le meilleur moyen de tirer parti de ces pâtis, en maintenant le troupeau en bonne condition et améliorant l'herbage, consiste à donner de 250 à 300 grammes de tourteau de coton par tête et par jour. Dans ce cas, les bêtes doivent avoir libre accès à l'eau pour s'entretenir en bonne santé [1].

Accidents dus aux tourteaux de coton. — Les mêmes observations présentées pour les tourteaux de lin trop fortement comprimés, s'appliquent aux tourteaux de coton. Dans tous les cas d'accident, il a été reconnu que les tourteaux durs, pauvres en huile, mais exceptionnellement riches en matières albuminoïdes et remplis de fragments de farine à l'état pierreux, avaient causé les embarras intestinaux et gastriques du bétail. De tels tourteaux doivent toujours être réduits en poudre et mélangés comme il a été dit plus haut.

Autrefois les tourteaux américains titraient plus de 16 p. 100 d'huile ; cette teneur varie aujourd'hui beaucoup au-dessus et au-dessous de cette limite, de même que celle des matières albuminoïdes, comprise entre 38 et 49 p. 100.

Les tourteaux du Texas notamment, renferment beaucoup plus de cellulose indigeste que ceux d'autres provenances (voir tableau CCXXVII) et quelques-uns, de la laine de coton comprimée. Ils sont en général humides ou moisis et impropres dans cet état à l'alimentation du bétail. De toutes manières, comme le démontrent les analyses 1 à 9, tableau CCXXVII, que les tourteaux viennent du Texas ou d'ailleurs, du moment où ils renferment près de la moitié en poids de matières albuminoïdes, contre 10 à 12 p. 100 d'huile, il devient indispensable de les réduire en farine et de les mêler dans la ration à des aliments amylacés, afin d'assurer une alimentation saine aux ruminants [2].

Le tourteau analysé sous le n° 9, de forme carrée, et déjà à l'état rassis, avait rendu malades tous les animaux, bœufs, vaches et moutons qui en avaient mangé. La ration journalière pour le bétail avait

---

1. *The influence of chemical discoveries etc.*, 1878.
2. *Annual report etc., for* 1883.

été de 1k,500, et dans sa consultation donnée malheureusement après coup, Vœlcker insiste sur l'effet produit par les enveloppes de coton et les grains mal broyés, trop fortement comprimés, qui constipent le gros intestin, puis enflamment l'intestin grêle et l'estomac [1].

TABLEAU CCXXVII. — Composition de tourteaux de coton décortiqué trop fortement pressés.

	AMÉRIQUE : PROVENANCES DIVERSES.					TEXAS.			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Humidité	9.28	8.59	7.95	8.75	8.95	10.15	10.08	11.45	10.95
Huile	12.93	22.10	16.57	15.70	10.23	15.26	11.66	10.60	8.76
Matières albuminoïdes [1]	46.37	42.87	42.37	49.02	49.04	38.37	40.69	38.62	40.8[illegible]
Mucilage, sucre et fibre digestible	21.92	17.29	22.86	17.52	22.92	19.84	24.65	25.57	23.29
Cellulose	3.47	3.31	3.10	3.51	3.21	10.83	7.03	8.26	10.8[illegible]
Matières minérales	6.03	5.84	7.15	5.50	5.65	5.55	5.89	5.50	5.30
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	7.42	6.86	6.78	7.85	7.01	6.11	6.51	6.22	6.51

C. — *Farine et tourteau de noix de palmier.*

Les graines du palmier (*Elais guinensis*), encaissées dans une enveloppe ligneuse, épaisse, d'un brun foncé et entourées d'une pulpe orangée dont on extrait l'huile de palme par une forte pression, sont presque blanches, très dures, à peu près inodores et insipides, très riches en corps gras qui ne rancissent pas facilement et ayant des dimensions qui varient entre celles d'une noisette et d'un œuf de pigeon. Pour extraire l'huile à l'aide de presses puissantes, à une faible température, on doit réduire les graines en poudre fine. Les tourtes, au sortir des presses, renferment généralement plus de matières grasses que celles des autres graines oléagineuses ; la farine ne diffère guère des tourtes.

Introduite vers 1860 sur le marché par les huileries de Liverpool, la farine de noix de palmier se caractérise par la proportion de corps

1. *Quarterly report for* 1883. Décembre 1883.

gras tout formés, à peu près double de celle que contient le tourteau de lin et par une teneur plus faible en substances azotées. Elle titre peu de fibre ligneuse non digestible et autant de matières minérales que les graines de céréales. Elle n'est donc pas aussi appropriée à la nourriture des jeunes animaux qu'à l'engraissement.

Les essais faits à la demande de Vœlcker par M. Coleman, administrateur de la ferme du collège agricole de Cirencester, d'abord sur les moutons, puis sur les vaches laitières, ont prouvé abondamment la supériorité de la farine de noix de palmier pour l'engraissement, d'une part, et pour l'accroissement et l'enrichissement du lait, d'autre part.

Le tableau CCXXVIII réunit les analyses de farines de noix de palmier fabriquées en Angleterre et celles de farines et de tourteaux importés de Hambourg. La farine de provenance anglaise est bien plus riche en matières grasses et se cote à un prix plus élevé que celle de Hambourg. Les expériences d'engraissement avec le tourteau de Hambourg, instituées par le professeur Stöckard, de Tharandt, n'en ont pas moins donné des résultats remarquables.

En admettant une moyenne de 24 p. 100 de corps gras dans la farine anglaise, équivalente à 60 p. 100 d'amidon, et ajoutant 35 p. 100, en chiffres ronds, d'hydrates de carbone ; sucre, gomme, mucilage, etc., concourant à la fois à la production de chaleur animale et à la formation de la graisse, on trouve 95 p. 100 de principes propres à l'engraissement contre 65 p. 100 que renferme le froment ou l'orge. D'ailleurs, les matières azotées propres à former la fibre musculaire ne font pas défaut dans la farine. Pour le bétail à l'engrais, 15 à 16 p. 100 de ces matières suffisent, et pour le bétail en élevage ou en travail, il convient d'additionner la ration de fèves, de pois ou d'autres graines légumineuses. En général, les éleveurs anglais préfèrent donner le tourteau de palmier aux bœufs adultes à l'engrais.

Le tourteau fabriqué à Hambourg et à Marseille est coloré en brun sale, tacheté de brun plus foncé ; les cuticules sont adhérentes, et la coupe fait voir sous le microscope des fragments ligneux, plus ou moins durs, de l'enveloppe noire qui encaisse la graine. On l'importe surtout pour frauder le tourteau de graine de lin.

TABLEAU CCXXVIII. — Composition de farines et tourteaux de noix de palmier.

	FARINES DE PROVENANCE ANGLAISE.						PROVENANCE DE HAMBOURG.				ENVELOPPES de la noix.
							FARINES.		TOURTEAUX.		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Eau	7.49	6.91	6.69	7.52	7.02	7.21	10.77	10.84	12.91	8.84	10.12
Corps gras	26.57	26.50	23.92	22.68	19.95	22.79	13.79	12.49	9.48	11.27	1.51
Matières albuminoïdes [1]	15.75	14.93	15.25	16.75	17.01	15.56	13 75	14.06	18.25	17.93	2.93
Mucilage, amidon, sucre et fibre digestible	37.89	31.20	40.62	32.14	33.76	36.24	42.67	43.56	39.16	40.76	16.37
Cellulose (fibre indigestible)	8.40	16.13	10.40	17.49	18.70	14.90	15.17	15.32	16.90	16.85	67.90
Matières minérales	3.90	4.33	3.12	3.42	3.56	3.30	3.85	3.73	3.30	4.32	
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	2.52	2.39	2.44	2.68	2.72	2.49	2.20	2.25	2.92	2.87	0.47

L'enveloppe de la noix, composée de matière ligneuse ou incrustante, qui se trouve, après avoir été réduite en poudre, comme matière de mélange dans les tourteaux de lin, a été analysée sous le n° 11, tableau CCXXVIII. Elle n'a aucune valeur nutritive par elle-même et représente une matière à peu près inerte ne renfermant pas 1/2 p. 100 d'azote[1].

Depuis que l'on traite industriellement au sulfure de carbone les graines oléifères, l'épuisement des tourteaux sous le rapport de l'huile a été poussé beaucoup plus loin, et l'abaissement de la teneur en matières grasses a été amené jusqu'à 1 p. 100 dans certains produits venant d'Allemagne et expédiés par Hambourg[2].

D. — *Tourteau de noix de pavot.*

Quand il est frais, ce tourteau est agréable au goût et nourrissant, mais il n'est pas recherché en Angleterre, à cause de son faible débit. En le conservant quelque temps, la moisissure se développe et la saveur devenant âcre, le tourteau de pavot perd ses qualités.

On connaît deux espèces de tourteaux, l'une obtenue avec la graine du pavot blanc et qui est blanchâtre ; l'autre, avec la graine de pavot ordinaire et de couleur brune. Ni l'une ni l'autre ne renferment beaucoup d'huile ; et comme le pavot est généralement cultivé dans les sols légers, sablonneux, il n'est pas rare de trouver beaucoup de sable avec la graine, et une teneur élevée en matière siliceuse dans le tourteau. On importe le tourteau de pavot en Angleterre, en provenance de Belgique et du continent, pour le mélanger à l'état pulvérulent avec le tourteau de lin.

E. — *Tourteau de moutarde.*

On importe ce tourteau en grandes quantités, seulement dans le comté de Kent, où il sert d'engrais pour le houblon ; c'est le seul emploi qu'on puisse recommander ; mais comme il est à bien meilleur prix que le tourteau de lin et de colza et que, par son aspect, il

1. *On the characters of pure and mixed linseed cakes.* 1872.
2. *Annual report for* 1872.

ressemble à ce dernier, on le débite également pour frauder le tourteau de colza.

Si l'on met en pâte, dans de l'eau froide, du tourteau de colza fraudé avec de la graine de moutarde, on ne tarde pas, après cinq ou six heures, à percevoir l'odeur irritante et le goût qui caractérisent l'huile essentielle et volatile provenant de l'action de la myrosine sur l'acide myronique de la graine de moutarde. Comme à la température de l'eau bouillante la myrosine se coagule, la réduction de l'acide myronique en huile essentielle ne se produit pas.

Le tourteau de moutarde, à l'état sec, ne dégage aucune odeur spéciale et ne possède aucune saveur caractéristique, mais si l'on en garde un morceau quelque temps entre les dents, le goût amer et âcre se révèle. Enfin, quand on le broie, on obtient une poudre d'un jaune vif qui le distingue nettement du tourteau de colza.

L'addition d'un excès de graine de moutarde dans un tourteau, donnant lieu à la production de l'huile qui agit sur l'estomac à la façon d'un poison irritant, qui cause la maladie et même la mort du bétail; aussi il importe de n'employer le tourteau qu'après l'avoir traité par l'eau bouillante qui neutralise l'huile essentielle.

F. — *Tourteaux divers.*

Beaucoup d'autres tourteaux oléagineux, alimentaires ou de mélange en dehors de ceux dont il vient d'être question, sont présentés sur le marché, mais moins régulièrement et par de plus faibles envois. Nous en avons groupé les analyses, d'après le mémoire déjà cité [1] et les rapports annuels de Vœlcker, dans le tableau CCXXIX.

Nos 1 à 3. *Arachide.* — Cette plante (*Arachis hypogea*) originaire de l'Afrique, qui rappelle la fève ou le pois cultivé de nos pays donne des baies qui mûrissent à quelques centimètres sous terre. A l'état de maturité ces baies de couleur jaune pâle, étranglées le plus souvent par le milieu, renferment deux graines de la dimension de petites amandes. La graine entourée d'une cuticule d'un brun roux, est encaissée dans une enveloppe, ridée quand elle est sèche et formée de fibre ligneuse (n° 3). La graine fournit une huile douce, analogue

1. *On the characters of pure and mixed linseed cakes.* Août 1872.

TABLEAU CCXXIX. — Composition de tourteaux divers, alimentaires et de mélange

	ARACHIDE			CHANVRE tourteau.		NOIX DE COCO			CACAO tourteau.	GUI-ZOTIA tourteau.	SÉSAME tourteau.	
						TOURTEAU.						
	décortiquée.	non décortiquée.	enveloppes.					fibre sèche.				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Eau	9.26	8.10	6.54	11.59	10.57	8.97	7.50	»	14.95	12.56	8.06	10.05
Huile	5.58	8.76	20.37	7.23	11.17	11.44	10.56	»	8.02	5.38	11.31	8.53
Matières albuminoïdes [1]	43.43	39.59	15.18	33.50	29.55	20.75	18.91	1.26	19.87	32.81	36.87	38.25
Mucilage, sucre et fibre digestible	31.39	27.78	39.39	15.56	18.03	39.41	43.17	55.49	32.46	20.31	25.05	21.23
Cellulose	5.18	19.12	19.98	23.74	24.20	14.27	13.17		18.26	21.08	8.14	5.98
Matières minérales [2]	5.16	5.74	7.51	8.38	6.47	5.16	6.66	10.61	6.44	7.86	10.54	12.96
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant : Azote	6.95	4.88	2.43	5.36	4.73	3.32	3.03	0.23	3.18	5.25	5.90	6.12
— Égal à ammoniaque	»	»	3.34	»	»	»	»	»	»	»	»	»
2. Contenant : Sable	»	»	»	2,14	»	0.51	»	2.70	»	1.20	»	3.25
— Phosphates terreux	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
— Sels alcalins	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

TABLEAU CCXXIX. — Composition des tourteaux divers, alimentaires et de mélange. (*Suite.*)

	HÊTRE faînes.	OLIVE tourteau.				RICIN tourteau.	BASSIA tourteau.	BASSIA baies.	INDIGO tourteau.	DOLIQUE de Chine tourteau.	
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Eau	11.44	17.11	13.41	6.80	12.20	9.05	13.54	6.54	11.91	8.30	12.79
Huile	5.22	11.29	3.10	20.33	11.95			10.10	4.01	6.67	7.15
Matières albuminoïdes [1]	18.81	3.50	6.01	7.75	4.75	81.07	80.79	9.31	18.15	39.25	39.25
Mucilage, sucre et fibre digestible	36.17	27.18	30.66	27.01	25.21			32.41	47.96	34.95	29.60
Cellulose	25.32	33.19	38.24	34.65	41.76			8.24	11.88	5.03	5.67
Matières minérales [2]	4.81	7.73	8.58	3.46	1.10	8.98	5.67	3.10	6.09	5.80	5.54
	100 00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant : Azote	3.01	0.50	0.96	1.24	0.76	8.69	2.73	1.49	2.90	6.28	6.28
— Égal à ammoniaque	»	»	»	»	»	10.55	3.31	»	»	»	»
2. Contenant : Sable	0.62	»	»	»	»	2.69	0.61	»	0.99	»	»
— Phosphates terreux	»	»	»	»	»	4.49	1.43	»	»	»	»
— Sels alcalins	»	»	»	»	»	1.80	3.63	»	»	»	»

à celle de l'amandier (*Amygdalus communis*) et sert de nourriture aux indigènes, sous les tropiques. On cultive aussi l'arachide en Chine, à Ceylan, dans la Malaisie et la Jamaïque. La graine fournit de 40 à 45 p. 100 d'une huile jaune pâle qui se consomme ou se brûle.

Le tourteau d'arachide se vend quelquefois aux fermiers anglais, sans être décortiqué ; quoique renfermant environ 20 p. 100 de cellulose, et des matières azotées, il s'emploie surtout comme le tourteau décortiqué, à élever la teneur en azote des tourteaux de lin adultérés par des déchets amylacés. Les enveloppes qui contiennent plus de 20 p. 100 d'huile et 15 p. 100 environ de composés albuminoïdes forment un très bon aliment.

N°s 4 et 5. *Chanvre.* — Le tourteau de graines de chanvre, malgré sa teneur en cellulose, est sain, nutritif, et rarement employé pour frelater. Le tourteau n° 5, inférieur à celui de la graine de lin de bonne qualité, n'en est pas moins supérieur comme aliment au tourteau de coton à graines entières : on le vendait 210 fr la tonne[1].

N°s 6, 7 et 8. *Noix de coco.* — Le tourteau obtenu à l'aide de la noix du cocotier (*Cocos nucifera*), comprimée pour en extraire l'huile, est blanchâtre et parsemé de fragments auxquels adhère l'épiderme noir ou brun roux de la noix. L'huile rancit vite et donne au tourteau une saveur caractéristique, peu agréable. Le n° 7[2], comme le n° 6, à cause de sa teneur en huile et en hydrates de carbone, constitue un bon aliment, mais qui est rarement offert aux éleveurs, car il est accaparé comme matière de mélange par les industriels. La composition, sous le n° 8, de la fibre à l'état sec indique une substance formée de cellulose et d'un produit humique analogue à celui de la tourbe ; cette fibre renfermant 0.23 p. 100 d'azote n'a aucune propriété nutritive.

Le tourteau de noix de coco et la farine qu'on en tire à Liverpool et dans d'autres localités en Angleterre, sont fort appréciés pour leurs qualités d'engraissement. Comme le tourteau et la farine de noix de palmier, ils sont mieux adaptés pour engraisser les bœufs adultes que pour nourrir les animaux jeunes et de travail[3].

1. *Annual report for* 1875.
2. *Report of the consulting chemist for* 1869.
3. *On the influence of chemical discoveries etc.* 1878.

N° 9. *Fèves de cacao.* — La fève du cacaoyer (*Theobroma cacao*) est comprise dans une enveloppe que l'on sépare par un grillage à feu modéré. On presse cette enveloppe avec certaines parties de la graine ayant servi à fabriquer le chocolat, pour en extraire le beurre et le tourteau de cacao. Ce dernier, coloré en brun roux, a une saveur et un arome agréables pour lesquels le bétail a de l'appétence ; mais, tout en étant salubre, il est peu nourrissant.

N° 10. *Guizotia oleifera.* — Le tourteau que l'on obtient de la graine de cette plante cultivée dans l'Inde et en Abyssinie pour en extraire l'huile qu'elle contient est de couleur gris sombre et montre les cuticules noires et luisantes de la graine. Sa composition indique un faible dosage en huile, mais une notable proportion de matières azotées et de fibre ligneuse. On l'emploie beaucoup pour frelater les tourteaux de lin.

Nos 11 et 12. *Sésame oriental.* — Les sésamées des diverses espèces sont l'objet d'une culture très étendue dans les Indes orientales et en Égypte, soit comme matière alimentaire, soit pour l'extraction de l'huile des graines. Le sésame de l'Inde est l'espèce la plus communément cultivée ; la graine qui est grosse comme celle de la moutarde blanche est plate, en forme de cœur, et de couleur claire ou foncée.

Le tourteau riche en matières albuminoïdes contient parfois autant d'huile que celui de lin ; cette huile conserve un bon goût quand le tourteau est gardé en lieu sec. Dans l'échantillon n° 12, trop fortement pressé, la graine était malpropre ; mais la teneur en substances albuminoïdes est élevée et la valeur nutritive est satisfaisante[1].

N° 13. *Faînes de hêtre.* — Le tourteau de faîne, pauvre en huile et en matières azotées, est rempli de cuticules qui donnent naissance à un principe volatil, narcotique, assez douteux, appelé fagine. Cet alcaloïde causerait, dit-on, l'empoisonnement des chevaux et du bétail. Vœlcker a souvent constaté sa présence dans le tourteau de lin adultéré au moyen de faînes.

Nos 14 à 17. *Olive.* — Les marcs livrés par les huileries qui trai-

1. *Annual report for* 1878.

tent le fruit de l'olivier (*Olea Europæa*), sont formés de la partie charnue, réduite en fibre, et des noyaux oblongs et durs, écrasés par les presses. Leur composition et leur qualité varient suivant les manipulations des presses, aidées par la température. Ainsi, les échantillons nos 14 et 17 sont bien moins riches en huile et plus chargés de cellulose que le n° 16[1]. D'un brun foncé, en raison des noyaux imparfaitement broyés qui les colorent, tous ces tourteaux sont indigestes et de nature à causer des inflammations intestinales. On les recherche dans le Midi, en Espagne surtout, bien que pauvres en matières azotées, comme le n° 17[2], pour engraisser les porcs. En Angleterre, ils servent à dénaturer le tourteau de lin.

N° 18. *Ricin.* — Les graines de ricin (*Ricinus communis*) se distinguent des autres graines oléagineuses par leurs dimensions, leurs formes et l'aspect strié, brillant et modelé de leur écorce. Quand elle est décortiquée, la graine est blanche et pleine d'huile purgative. Le marc d'huile de ricin, en mélange avec le tourteau de lin, leur communique des propriétés toxiques et Vœlcker l'a plus d'une fois reconnu au microscope dans les échantillons de tourteau de lin qui lui ont été soumis pour avoir nui au bétail.

Le tourteau de ricin, en raison de sa teneur en azote, ne devrait être employé que comme engrais.

Nos 19 et 20. *Bassia.* — Les graines de diverses espèces de *Bassia*, originaires de l'Inde, cultivées également dans l'Afrique tropicale, donnent une matière huileuse abondante. Notamment le *Bassia latifolia,* très commun dans la Présidence du Bengale, fournit une baie oblongue, à graines de couleur brun-rougeâtre clair, enveloppées d'une fine cuticule, jaunâtre et luisante.

La matière grasse solide, quand elle est raffinée, n'a aucune saveur désagréable, mais le tourteau et principalement les cuticules ont un goût très âcre et amer qui le rend impropre à l'alimentation. Le tourteau de Bassia a été employé pour dénaturer celui de navette.

N° 21. *Indigo.* — Le tourteau de graines de l'indigotier a une couleur brun jaunâtre, une mauvaise saveur légèrement amère; il

1. *Annual report etc., for* 1875.
2. *Annual report etc., for* 1881.

devient très gélatineux quand on le mèle à l'état pulvérulent avec de l'eau. Sa composition indique une faible teneur en huile et en matières azotées, et son goût ne peut que détériorer les tourteaux de lin avec lesquels on le mélange.

Nos 22 et 23. *Dolique de la Chine.* — Le *Soya hispida* ou *Dolichos japanensis* fournit un tourteau tenant de 6.5 à 7.5 d'huile, mais très riche en matières albuminoïdes. C'est sans doute de la fève du Soya que les Chinois tirent un fromage spécial. En tous cas, l'échantillon n° 22 [1], comme le n° 23 [2], est considéré par Vœlcker comme ayant la même valeur nutritive que le tourteau de coton décortiqué.

N° 24. *Curcas.* — Les fèves du curcas (*Jatropha curcas*), un arbuste qui vient principalement dans les îles du Cap-Vert, ont la même grosseur à peu près que celle des glands de chêne. Le noyau blanc est entouré d'une gousse épaisse, colorée en brun, et les graines donnent une huile extrêmement purgative : dix ou douze gouttes suffisant pour administrer une dose drastique. Malgré cela, les marcs de ces graines, tenant de 9 à 11 p. 100 d'huile, sont par cupidité ou par ignorance, parfois introduites dans les tourteaux de lin auxquels ils communiquent leurs effets toxiques.

3. Impuretés et falsifications des tourteaux de lin, de colza et de coton.

Comme pour les engrais concentrés et coûteux, les négociants et les intermédiaires peu scrupuleux ne se sont pas fait faute de dénaturer les tourteaux, soit en y introduisant des mélanges de graines de qualité inférieure ou étrangères, soit en augmentant le poids à l'aide de matières végétales inertes ou parfois nuisibles, et en séduisant les agriculteurs par l'appât de prix moins élevés que ceux des tourteaux purs.

La Société Royale d'agriculture d'Angleterre s'est préoccupée, avec un zèle des plus louables et non sans de gros sacrifices pécuniaires, de mettre à jour les fraudes et de prévenir les abus résul-

1. *Annual report etc., for* 1875.
2. *Annual report etc., for* 1880.

tant de la vente de tourteaux impurs, en publiant les analyses et les rapports de son chimiste consultant, avec les noms des vendeurs, ainsi que des avis à ses membres sur les précautions à prendre et les garanties à exiger pour obtenir des produits non frelatés.

Dès 1863, Vœlcker, ayant déjà acquis une longue expérience des falsifications des tourteaux et des autres aliments artificiels, vendus aux nourrisseurs, signalait, dans une conférence faite aux membres de la Société [1], les conséquences fâcheuses pour le développement et la santé du bétail, des mélanges de mauvais aloi et les dommages pécuniaires qui résultent d'achats d'aliments mal préparés et en mauvaise condition.

Les différences d'aspect des tourteaux de la même graine oléagineuse sont considérables, tandis que la graine elle-même, quelle que soit la provenance, en offre de très légères. Certains tourteaux de lin sont blancs comme des tourteaux de pavot ; d'autres ont une coloration très foncée ; d'autres enfin, ceux notamment expédiés d'Amérique en tonneaux, ont la couleur même de la graine, et pourtant la graine de lin, qu'elle vienne de Riga, de Bombay ou d'Alexandrie, ne se distingue guère extérieurement de la graine obtenue en Angleterre ou en France. L'aspect même des tourteaux indique à première vue, qu'en dehors du procédé usité pour extraire l'huile de la graine, il y a le plus souvent mélange de graines. Encore, si ces graines étaient inoffensives, n'y aurait-il fraude par le mélange qu'au point de vue du prix trop élevé que paye l'agriculteur ; mais souvent ces graines sont nuisibles, soit qu'elles empêchent de conserver les tourteaux, soit qu'elles développent la mauvaise saveur de la viande des animaux, soit enfin qu'elles détériorent la ration dont l'éleveur attend des effets déterminés.

La déclaration des vendeurs que leurs tourteaux sont purs n'est pas suffisante, car la graine de lin peut avoir été livrée comme pure et renfermer des graines étrangères en proportion telle que le tourteau fabriqué avec le mélange n'ait plus que 30 p. 100 de graine de lin véritable. Vœlcker a reconnu par des prises d'échan-

1. *The adulteration of oil cakes, a lecture by Professor Vœlcker.* 15 avril 1863. — *The Farmer's Magazine,* vol. XXIII, 3e série. 1863.

tillons de graines de lin importées à Hull, comme nous l'avons établi précédemment, combien d'impuretés dues à des graines adventices pouvaient être introduites dans les produits livrés par l'étranger.

Parmi ces graines adventices, les unes sont inoffensives et les autres, nuisibles. Dans l'examen que Vœlcker a fait de ces graines, il en a compté jusqu'à 25 espèces différentes, parmi lesquelles, l'ivraie enivrante, surtout dans la graine de lin de qualité inférieure provenant de Pétersbourg, l'agrostemme qui agit sur l'organisme de l'animal, le radis sauvage que renferme la graine de lin expédiée d'Alexandrie et qui est très âcre, la navette sauvage et le sénevé dont l'action est la même que celle de la graine de moutarde. Outre ces graines dommageables, il y en a qui affectent la saveur de la chair des animaux ; la cameline est de ce nombre : elle donne une saveur désagréable et une graisse jaune foncé. Le lin cathartique, la spergule commune, le chènevis, laissent un goût non moins mauvais, et une odeur caractéristique dans le tourteau.

Le mélange de la graine de lin avec le son de froment n'offre pas les mêmes inconvénients que celui des graines signalées, car le son a une valeur nutritive constatée ; mais il est préférable, sous tous les rapports, d'acheter à part des tourteaux de lin purs et du son, et de faire la ration qui convient avec les deux aliments. L'analyse chimique ne suffit pas pour déterminer exactement la quantité de son introduite dans un tourteau, ni d'une manière générale, la pureté d'un tourteau.

Vœlcker, dans sa conférence, appelle l'attention des agriculteurs sur le dommage que fait subir aux tourteaux une mauvaise conservation, notamment dans les lieux humides. Quand un tourteau se moisit, et l'addition du son favorise la moisissure, il peut nuire au bétail. C'est aux champignons qui se développent dans les tourteaux humides que l'on doit attribuer certains cas de véritables empoisonnements constatés chez les animaux. Le même fait a été reconnu pour les avoines moisies.

A la demande du comité de chimie de la Société Royale d'agriculture, Vœlcker a rédigé, dix ans après sa conférence, un mémoire spécial, qui peut être signalé comme un des plus complets sur la

matière[1], dans lequel il examine non seulement la composition et les caractères du tourteau de lin pur et les moyens d'y découvrir les impuretés, mais encore les matières servant aux falsifications, la composition des tourteaux frelatés et les causes qui les rendent nuisibles ou dangereux.

Les matières de falsifications ont déjà été analysées, il reste à décrire les applications de la fraude aux tourteaux oléagineux de lin, de colza et de coton, ainsi que leurs effets préjudiciables à la santé des animaux.

Les fraudes sans nombre auxquelles sont soumis les tourteaux alimentaires ne sont pas facilement découvertes par l'analyse chimique. Vœleker cite beaucoup d'exemples de tourteaux de lin ayant empoisonné le bétail à cause de l'addition de fèves de ricin, et dont la composition varie tellement qu'on ne saurait y déceler les propriétés toxiques. Dans le tableau CCXXX sont réunies, sous les nos 1 à 3, trois analyses de tourteaux frelatés avec le ricin, dans lesquels la teneur en eau varie du simple au double, et celle de l'huile dans la même proportion. Le no 1 est pauvre en matières albuminoïdes et le no 3 exceptionnellement riche. La composition du no 2 concorde avec celle des tourteaux purs.

Il est vrai qu'un tourteau de lin falsifié à l'aide des déchets de mouture montrera par l'analyse un manque d'huile et de matières albuminoïdes et un excès d'amidon ; de même l'analyse révèlera par l'excès de sable ou de matières minérales, la fraude réalisée à l'aide de balayures ou de plâtre. Ces deux genres de fraudes ressortent des analyses nos 4 à 7, pour le mélange avec le son et les criblures de riz, et de celles nos 8 à 11 pour le mélange avec divers tourteaux inférieurs. Enfin, le no 12 correspond à un échantillon de tourteau de lin falsifié à l'aide des criblures et déchets de graines diverses.

Il n'en est pas moins d'un grand intérêt de faire analyser les tourteaux suspects ; du moins a-t-on la conviction qu'ils sont impurs et connaît-on la nature des impuretés.

Les tourteaux de lin nos 4 et 5, par exemple, altérés par du son et des recoupes de froment, ainsi que ceux nos 6 et 7, altérés par des

---

1. *On the characters of pure and mixed linseed cakes.* Août 1872.

TABLEAU CCXXX. — Composition de tourteaux de lin falsifiés.

	PRODUITS AYANT SERVI A FALSIFIER.											
	Tourteau de ricin.			Son et recoupes.		Criblures de riz.		TOURTEAU DE COTON		Son, arachide, riz et coton.	Caroube, feves, olive, coton.	Graines adventices.
								et arachide.	et graine, chanvre.			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Eau	6.24	11.34	13.88	13.32	9.92	13.52	12.12	11.54	10.18	9.45	10.76	10.42
Huile	15.02	8.22	7.47	9.26	9.88	9.02	8.27	10.14	7.61	13.39	8.60	8.92
Composés albuminoïdes[1]	24.75	30.93	36.31	21.91	23.25	23.64	25.87	22.53	21.68	28.56	19.69	17.25
Amidon, mucilage et fibre digestible	41.33	32.75	22.64	38.46	35.46	33.87	31.37	29.78	31.21	22.85	33.99	37.95
Fibre ligneuse (cellulose)		9.09	12.02	10.96	13.73	12.08	12.92	20.70	19.83	20.30	18.81	17.70
Matières minérales[2]	12.66	7.67	7.68	6.06	7.76	7.87	9.45	5.28	6.44	5.45	8.12	7.76
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant : Azote	3.96	1.93	5.81	3.51	3.72	3.76	1.11	3.61	3.95	1.57	3.15	2.76
2. Contenant : Sable	6.42	2.20	2.52	1.61	2.45	3.13	3.37	0.85	1.68	1.48	3.24	2.85

criblures de riz, sont pauvres en huile et en matières albuminoïdes; ces derniers à cause de la silice que renferment les balles de riz, laissent à l'incinération dans une capsule de platine une cendre très siliceuse.

Les tourteaux n°s 8 à 11 résultant du mélange de la graine de lin avec d'autres tourteaux et déchets, contiennent plus de fibre ligneuse qui ne comporterait la composition moyenne. Le tourteau n° 10 vendu comme du lin pur, bien qu'altéré à l'aide de son, de graines d'arachide et de coton et de déchets de riz, a été analysé par Vœlcker après avoir causé la mort de 30 agneaux, sans qu'aucun ingrédient toxique ait pu être découvert par l'analyse. De même, le tourteau n° 12, vendu comme pur, avait tué plusieurs animaux avant d'être envoyé pour l'examen au laboratoire. Il renferme une très faible quantité d'huile et de matières azotées, ne devient pas gélatineux par le traitement à l'eau distillée et représente un tourteau de graines adventices et de balayures, sans traces de graine de lin.

La liste des falsifications du tourteau de lin ne se borne pas à celles dont Vœlcker a donné le tableau dans son mémoire spécial [1] et que nous venons de reproduire. Nous avons tenu à la compléter par un choix d'analyses empruntées à ses rapports annuels depuis 1872, et aux rapports qu'il adressait trimestriellement sur les fraudes au comité de chimie de la Société Royale. Le tableau CCXXXI réunit 17 de ces analyses, avec l'indication, pour la plupart, du prix de vente et du prix réel des tourteaux altérés.

N° 1. Tourteau de lin mélangé avec des tourteaux d'arachide et de sarrasin; peu d'huile et de matières albuminoïdes; s'est vendu 300 fr. la tonne; ne vaut pas 240 fr. [2].

N° 2. Tourteau de lin falsifié à l'aide de tourteau d'arachide; vendu 315 fr. la tonne; valeur 250 fr. [3].

N°s 3 et 4. Falsifications à l'aide des tourteaux d'arachide; vendus comme tourteaux purs, de premier choix [4].

N° 5. Falsification au moyen de déchets et de criblures de riz;

1. *On the characters of pure and mixed linseed cakes.* Août 1872.
2. *Quarterly report of chemical committee.* Décembre 1872.
3. *Quarterly report etc.* Mars 1876.
4. *Quarterly report etc.* Mars et juin 1880.

TABLEAU CCXXXI. — Composition de tourteaux de lin falsifiés.

	MÉLANGE AVEC ARACHIDE et sarrasin.				MÉLANGE avec criblures de riz.		MÉLANGE avec déchets de nettoyage de graines.			MÉLANGE AVEC GRAINES IMPURES ADVENTICES et produits amylacés.							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Humidité	11.72	8.41	16.09	11.85	11.65	11.98	12.66	13.34	13.40	9.60	13.40	8.76	14.07	14.06	8.01	8.25	12.60
Huile	9.80	15.24	8.46	8.50	8.56	9.20	7.27	9.83	9.73	11.24	8.87	10.43	13.50	10.41	11.15	6.80	7.75
Matières albuminoïdes [1]	22.50	25.88	25.69	28.25	20.81	18.01	23.19	23.19	24.19	25.56	15.87	21.94	26.31	25.94	24.44	25.06	25.62
Mucilage, amidon, fibre digestible	37.10	32.39	34.78	27.59	19.94	43.61	36.59	35.09	33.76	35.52	43.04	39.91	27.22	29.07	37.52	38.79	36.38
Cellulose	13.18	12.17	9.23	14.46	20.24	8.46	10.97	11.26	10.87	10.16	9.67	9.76	9.89	13.49	11.03	8.93	8.66
Matières minérales [2]	5.40	5.61	5.75	8.85	18.80	8.74	9.32	7.29	8.05	6.92	9.15	9.20	9.01	7.03	7.85	12.17	8.99
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant : Azote	3.60	4.14	4.00	4.36	3.33	2.88	3.71	3.71	3.87	4.19	2.54	3.51	4.21	4.15	3.91	4.01	4.13
2. Contenant : Sable	»	1.10	»	3.01	9.55	4.24	4.78	2.84	3.55	»	4.45	3.97	4.97	3.11	2.80	»	4.49

20 p. 100 de cellulose et plus de 9 p. 100 de sable ; s'est vendu 190 fr. 60 c. la tonne [1].

N° 6. Vendu comme tourteau de lin de Russie ; altéré par des déchêts de riz [2].

N°s 7, 8 et 9. Tourteaux dénaturés à l'aide de déchets de nettoyage et de mouture de graines étrangères ; peu d'huile et de matières albuminoïdes ; se sont vendus entre 205 et 220 fr. la tonne [3].

N°s 10 à 17. Falsifications au moyen de graines de lin impures, de graines adventices et de matières amylacées. Tourteaux pauvres en huile et en matières albuminoïdes, renfermant la plupart du sable provenant des déchets. Le n° 10 s'est vendu 287 fr. la tonne [4], les n°s 11 et 12 ont été livrés comme purs par l'association de Hull [5] ; les n°s 13 et 14 ont été payés 318 fr. 75 c. et 337 fr. 50 c. la tonne [6] ; le n° 15 vendu comme pur renfermait, outre du sable, des graines de navette, de moutarde, de sarrasin, et était moisi [7] ; le n° 16 livré au prix relativement bas de 141 fr. 65 c. la tonne, contenait un mélange de caroubes, de maïs et de criblures de riz ; mais il était moisi, plein de vers et de cloportes et absolument impropre à l'alimentation. Une ration de 150 grammes par jour avait suffi pour tuer deux agneaux par suite de gastrite [8] ; enfin, le n° 17 avait été vendu à Hull, comme pur, au prix de 240 fr. 60 c. avec une teneur de 7.7 p. 100 d'huile et près de 5 p. 100 de sable [9].

Sans insister davantage sur les mélanges frauduleux, faciles à discerner et qui résultent de l'addition de matières impures, il n'est pas rare d'en trouver pour lesquels la falsification a été portée à un si haut degré d'habileté que la teneur en huile, en matières azotées, en cellulose, etc., est la même que dans le tourteau de lin de qualité courante. La fraude consiste dans ces cas-là à se passer de graine

1. *Quarterly report etc.* Décembre 1883.
2. *Quarterly report etc.* Décembre 1880.
3. *Quarterly report etc.* Mars 1883.
4. *Quarterly report etc.* Décembre 1872.
5. *Quarterly report etc.* Décembre 1873.
6. *Quarterly report etc.* Juin 1874.
7. *Quarterly report etc.* Mars 1878.
8. *Annual report for* 1878. 1879.
9. *Annual report etc.* Mars 1882.

de lin, pour introduire avec un peu de tourteau de coton, des déchets n'ayant ni la saveur, ni l'assimilabilité, ni la valeur nutritive de la graine de lin.

Les tourteaux de colza et de coton décortiqué sont aussi l'objet d'adultérations répréhensibles et le tableau CCXXXII reproduit la composition de quelques-uns de ces tourteaux frelatés.

TABLEAU CCXXXII. — Composition de tourteaux de colza et de coton falsifiés

	TOURTEAUX DE COLZA.			TOURTEAU de coton décortiqué
	1	2	3	4
Eau	10.01	13.43	11.39	11.40
Matières organiques. Huile	66.21	5.26	7.13	4.07
Matières organiques. Matières albuminoïdes [1]		13.31	30.87	19.31
Matières organiques. Mucilage, sucre et fibre digestible		48.23	28.94	29.33
Matières organiques. Cellulose		14.43	11.66	19.87
Matières minérales [2]	23.78	5.34	10.01	16.02
	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant : Azote	3.07	2.13	4.94	3.09
2. Contenant : Sable	16.58	»	4.55	2.01
— Phosphates terreux	4.24	»	»	»
— Carbonate et sulfate de chaux.	»	»	»	8.58
— Sels alcalins	2.96	»	»	»

Le tourteau n° 1, vendu comme colza de la mer Noire au prix de 128 fr. la tonne, était falsifié au moyen de graines adventices, de déchets de nettoyage et de sable ; il ne valait pas réellement 75 fr. [1].

Le tourteau n° 2 était presque exclusivement formé de graines de moutarde et adventices ; lorsqu'il fut envoyé au laboratoire, il avait déjà occasionné la mort de trois animaux dont la ration journalière

1. *Quarterly report etc.* Mars 1882.

ne comportait, avec des turneps le matin, et de la paille d'avoine à volonté, que 700 grammes de tourteau[1].

Le n° 3, également altéré avec de la graine de moutarde et vendu 112 fr. 50 c. la tonne, avait causé la mort de bœufs de deux ans[2].

Le tourteau de coton décortiqué n° 4 renfermait 10 p. 100 de matières minérales en plus de la moyenne. On l'avait fraudé avec du plâtre et du carbonate de chaux et vendu au prix de 157 fr. la tonne[3].

4. Graines et fruits alimentaires et matières de mélange.

Divers produits sont employés directement pour dénaturer les tourteaux de lin ou préparer des aliments artificiels ; ce sont généralement des graines ou des fruits que l'on peut se procurer sur le marché à meilleur prix que le froment ou l'orge, tels que le seigle, le maïs, les caroubes, le grain de dari, le gland de chêne, etc.

A. *Graines et fruits.*

Caroube. — Le fruit du caroubier (*Ceratonia siliqua*), séché et moulu, donne une farine alimentaire renfermant près de moitié de sucre en poids, très recherchée pour l'engraissement du bétail et des porcs. Quatre analyses de caroubes (gousses et fèves) ont déjà été données Livre II, tableau LXXVI; on en trouvera quatre autres n°s 1 à 4, tableau CCXXXIII. Outre les éléments de composition qui sont indiqués, la caroube renferme en proportions variables de l'acide butyrique qui donne à la farine une saveur particulière. Comme la teneur en matières albuminoïdes est faible, il convient de mélanger la farine en ration, avec des pois, de la farine de fèves ou du tourteau de coton décortiqué. Introduite dans les tourteaux, la farine de caroube offre l'inconvénient, à cause du sucre cristallisable qu'elle renferme, d'être très hygroscopique et d'attirer l'humidité atmosphérique qui fait moisir les produits. Elle sert surtout à masquer les matières de goût amer et à bas prix que l'on écoule dans les tourteaux de lin pour les altérer. On reconnaît la présence de la farine de caroube, soit à l'odeur de l'acide butyrique, soit au titre en

1. *Quarterly report etc.* Juin 1882.
2. *Quarterly report etc.* Mars 1883.
3. *Quarterly report etc.* Mars 1882.

sucre, soit par l'examen au microscope du tourteau dénaturé, dans lequel apparaît la cuticule brillante de la fève.

TABLEAU CCXXXIII. — Composition des farines de caroube et de dari.

	FARINE DE CAROUBE.				FARINE de DARI.
	1	2	3	4	5
Eau	12.61	14.22	16.57	13.55	13.14
Huile	1.08	0.96	2.80	0.90	3.30
Matières albuminoïdes [1]	5.87	7.72	5.19	8.69	7.75
Sucre	50.30	54.07	64.34	69.68	68.45
Amidon, mucilage et fibre digestible	20.13	14.41			
Fibre ligneuse (cellulose)	7.14	5.88	7.60	5.17	4.72
Matières minérales (cendres) [2]	2.87	2.74	3.50	2.01	2.64
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	0.94	1.25	0.83	1.39	1.24
2. Contenant sable	»	»	»	»	0.88
— phosphates terreux	»	»	»	»	0.81
— sels alcalins	»	»	»	»	0.95
— (acides phosphor.)	»	»	»	»	0.38

Comme nourriture spéciale, la farine de caroube entre avantageusement dans les rations avec le tourteau décortiqué et le maïs. Vœlcker recommande une ration par tête, ainsi composée [1] :

Farine de caroube	$1^k,33$
Tourteau de coton décortiqué en poudre	1 ,33
Maïs en farine	1 ,34
	$4^k,00$

que l'on mélange avec de la pulpe de turneps, ou de la paille et du foin hachés. Une pareille ration remplace très profitablement le tourteau de lin.

1. *Annual report for* 1873. Décembre 1873.

L'échantillon n° 4, formé à peu près exclusivement de gousses broyées, s'était vendu 250 fr. la tonne ; étant donnée sa composition, le prix était quatre fois trop élevé[1].

A l'état de farine, les caroubes avidement consommées par les chevaux, les bœufs et les moutons, sont employées en quantités considérables et avec avantage en Angleterre pour le mélange avec d'autres aliments moins appétissants. Elles entrent largement aussi dans la confection des tourteaux mixtes et dans les condiments spéciaux fabriqués industriellement.

Dari. — La graine du dari dhaora ou durra (variété de l'*Andropogon sorghum,* cultivé pour la nourriture des indigènes en Arabie, en Turquie, dans l'Inde, etc.), est importée en Angleterre pour frelater les tourteaux de lin et aussi pour nourrir la volaille. Deux analyses de la graine de dari figurent dans le tableau XXIV, Livre II, à côté de celles du millet et du sorgho. On en trouvera une troisième analyse, n° 5, tableau CCXXXIII. Riche en amidon, le dari renferme quelque peu d'huile, mais il est plus pauvre en matières albuminoïdes et moins nutritif que l'orge ; ce n'en est pas moins, vendu à très bon marché, un excellent grain, propre à l'engraissement et peu connu sur le continent.

Gland de chêne. — Le gland de chêne déjà analysé, Livre II, qui est employé pour frelater le tourteau de lin, renferme une forte proportion d'amidon, mais aussi des acides tannique et gallique dont la présence est décelée en introduisant quelques gouttes de perchlorure de fer dans une dissolution à froid du tourteau, après filtrage. Le sel de fer donne à la liqueur la couleur noire de l'encre qui caractérise ces acides.

B. — *Déchets industriels servant d'aliments et de matières de mélange.*

A défaut des graines elles-mêmes, les déchets de nettoyage et de mouture sont utilisés pour dénaturer les tourteaux ou pour fabriquer des aliments que les nourrisseurs recherchent malgré leur

1. *Annual report for* 1883.

composition très variable. Dans le tableau CCXXXIV figurent les analyses d'échantillons moyens de la plupart de ces déchets.

Nos 1 et 2. *Son de froment.* — Le son, qui renferme plus de matières grasses et albuminoïdes que le grain entier, constitue un déchet alimentaire précieux. On le donne en ration aux chevaux ; les vaches laitières et les porcs en tirent un excellent profit. Comme il renferme beaucoup moins de fibre ligneuse que les déchets des graines de céréales, sauf le malt, il est plus nutritif. C'est le produit dont on abuse le plus pour frelater les tourteaux de graine de lin.

Nos 3 et 4. *Recoupette et remoulages de froment.* — Les remoulages renferment en général plus d'amidon que les recoupettes et le son, et constituent à cet égard un meilleur aliment pour l'engraissement. Le son, qui contient plus de phosphates alcalins dans les cendres que l'orge et l'avoine, est pour ce motif recommandable dans l'alimentation des vaches laitières[1].

Mélangées dans la ration avec le tourteau de graine de lin, les issues de blé favorisent l'engraissement du bétail et la sécrétion d'un lait abondant et riche chez les vaches laitières. On peut attribuer en partie ces effets à la division mécanique du tourteau qui augmente ses propriétés nutritives. Les meilleurs tourteaux sont souvent très durs, et quoique concassés, ils ne se réduisent pas facilement en poudre ; l'addition du son fait que les morceaux s'humectent et se digèrent mieux. Une partie notable de matières albuminoïdes contenues dans les tourteaux oléagineux est ainsi utilisée par l'animal, au lieu d'être rejetée directement dans les déjections[2].

No 5. *Criblures et farine d'orge.* — La criblure ou poussier d'orge employée pour la nourriture du gros bétail et des porcs, varie comme valeur nutritive suivant sa teneur en fibre ligneuse. Les tourteaux oléagineux de qualité inférieure sont souvent dénaturés par le mélange des balles d'orge qui ne valent guère mieux que la paille.

Nos 6 et 8. — *Criblures et farine de malt.* — Le déchet de nettoyage du malt touraillé qui contient les touraillons et les radicelles

1. *Annual report, etc., for* 1883.
2. *On the adulteration of oil cakes ; a lecture.* 15 avril 1863.

TABLEAU CCXXXIV. — Composition de déchets et aliments industriels.

	FROMENT.				ORGE	MALT.				AVOINE.		POIS.
	Son.		Recoupettes.	Remoulages.	Criblures.	Criblures.			Entier.	Criblures.	Balles.	Criblures.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Humidité	12.86	14.55	12.80	12.55	11.03	6.21	10.83	5.74	8.15	9.31	11.98	9.12
Matières albuminoïdes [1]	13.80	13.87	14.62	14.68	8.16	25.62	23.81	21.94	9.81	6.92	1.25	10.66
Matières grasses	5.56	3.13	3.90	3.46	3.47				1.67	3.21	0.36	1.65
Fibre ligneuse (cellulose)	11.50	9.01	9.22	4.73	80.21	59.44	58.70	66.12	5.07	72.86	28.48	75.08
Amidon, gomme, etc., fibre digestible	50.17	54.09	51.61	61.63					72.75		53.63	
Matières minérales [2]	6.11	5.35	4.85	2.95	7.31	8.70	6.66	6.20	2.55	7.70	4.30	3.49
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant : Azote	»	2.22	2.34	2.35	»	»	3.81	3.51	1.57	»	0.20	»
2. Contenant : Sable	»	»	»	»	»	»	1.11	1.83	»	»	3.64	»
— Phosphates terreux	»	»	»	»	»	»	1.49	1.97	»	»	»	»
— Sels alcalins	»	»	»	»	»	»	4.06	2.40	»	»	»	»

TABLEAU CCXXXIV. — Composition de déchets et aliments industriels. (*Suite.*)

	MAIS. Déchets de mouture.			RIZ (farine et criblures).								
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Humidité	13.46	10.29	11.54	12.02	8.67	8.83	6.07	7.51	12.90	10.55	9.65	9.85
Matières albuminoïdes [1]	11.06	15.32	26.81	6.69	7,75	12.75	12.69	12.37	10.87	13.18	14.06	13.12
Matières grasses	5.01	8.83	1.60	5.61	7.59	9.50	10.30	13.53	10.60	10.56	11.66	14.51
Fibre ligneuse (cellulose)	4.96	7.33	8.36	36.67	21.98	10.14	5.57	3.90	7.40	5.56	5.86	8.31
Amidon, gomme, etc., fibre digestible	64.71	56.72	46.35	25.52	39.98	50.69	56.67	54.94	50.48	53.05	50.57	45.60
Matières minérales [2]	0.80	1.51	5.34	13.49	14.03	8.09	8.70	7.75	7.75	7.10	8.20	8.61
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	1.77	2.42	4.29	»	1.24	2.04	2.03	1.98	1.74	2.11	2.25	2.10
2. Contenant sable	»	»	0.54	»	9.41	3.17	»	»	2.10	1.05	2.05	1.80

TABLEAU CCXXXIV. — Composition de déchets et aliments industriels. (*Suite.*)

	RIZ. Criblures.		RIZ. Balles.	DÉCHETS d'amidonnerie.	LIN et chanvre. Déchets.	LEVURE pressée.	GLUCOSE. Marcs.	BISCUIT. Farine.	BISCUIT. Déchets.	PAINS Good.	DÉCHETS de graines.
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Humidité	9.47	8.95	9.80	10.70	14.60	73.19	8.85	8.70	3.01	42.33	10.57
Matières albuminoïdes [1]	6.56	4.44	4.18	14.18	4.75	13.31	25.62	10.12	10.81	9.44	18.44
Matières grasses	3.77	4.06	1.10	0.40	2.82	0.27	12.75	1.61	2.01	»	6.45
Fibre ligneuse (cellulose)	13.77	27.93	26.80	1.90	43.12	1.35	9.43	0.58	0.93	2.01	14.13
Amidon, gomme, etc., fibre digestible	58.96	40.82	44.94	65.87	27.28	9.16	28.01	76.90	81.19	43.59	35.94
Matières minérales [2]	7.75	13.80	13.18	6.95	7.43	2.72	15.34	2.09	2.05	2.63	14.47
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	1.05	0.71	0.67	2.27	0.76	2.13	4.10	»	1.73	1.51	2.95
2. Contenant sable	»	11.70	12.34	0.50	»	0,07	»	»	»	»	7.37
— phosphates terreux	»	»	»	0.70	»	0,59	»	»	»	»	»
— sels de chaux	»	»	»	0.75	»	»	»	»	»	»	»

de l'orge germée, n'est obtenu en quantités suffisantes comme aliment que dans le voisinage des brasseries. On le donne aux moutons qui le mangent avec plaisir, surtout en mélange avec du foin et des turneps. Quoiqu'il contienne beaucoup de matières albuminoïdes (analyse n° 6), le malt en poussier ne possède pas une valeur nutritive en rapport avec sa composition.

La question de savoir s'il est préférable pour l'engraissement du bétail de recourir à la farine d'orge ou au malt n'a pas été tranchée par d'autres expériences, sur une petite échelle, que celles de Hudson de Castleacre, de J. Bennett Lawes et de Thompson. La pratique des éleveurs éclairés permet toutefois d'affirmer que l'emploi du malt est des plus avantageux. En effet, quand l'animal amené à point doit recevoir une nourriture copieuse pour atteindre son plein développement, la ration de malt, qui favorise la digestion, donne des résultats remarquables. Non seulement le sucre du malt agit comme hydrate de carbone, mais encore il convertit l'amidon en sucre. D'autre part, il concourt à rendre plus assimilables les matières qui seraient inutilisées dans les autres aliments [1].

Les criblures de malt (nos 7 et 8), outre qu'elles forment une addition utile aux aliments de la ration usuelle, profitent beaucoup aux vaches laitières à cause de leur teneur en matières albuminoïdes, en phosphates de chaux et alcalins [2].

N° 9. *Malt.* — L'analyse de malt entier, fabriqué dans la ferme, indique une teneur bien moins élevée en matières azotées, mais plus considérable en hydrates de carbone [3]. On trouvera dans le paragraphe consacré aux expériences d'engraissement des moutons à Woburn des considérations intéressantes quant au rôle comparé de l'orge et du malt et à la composition de leur farine.

Nos 10 et 11. *Criblures et farine d'avoine.* — Mélangées avec de la paille hachée et imprégnées d'eau, ces criblures sont très employées, seules ou alternativement avec les racines, pour l'alimentation des bêtes bovines. Il faut éviter de les donner à l'état sec, car

1. *On the adulteration of oil cakes ; a lecture.* 15 avril 1863.
2. *Annual report, etc., for* 1877.
3. *Annual report, etc., for* 1882.

elles s'humectent très lentement et donnent lieu à des embarras gastriques. Soumises à cette alimentation, les vaches laitières produisent un lait plus riche en beurre.

Les balles de l'avoine ont une composition analogue à celle de la paille d'avoine (analyse n° 11) et se débitent aux fabricants de tourteaux.

N° 12. *Criblures et farine de pois.* — Le déchet de la mouture des pois secs renferme presque autant de composés albuminoïdes que le son de froment, mais sa teneur élevée en fibre ligneuse et la faible dose de matières grasses et d'amidon qu'il contient, en font un aliment médiocre. On l'emploie surtout pour remplacer la farine d'orge.

N°s 13 à 15. *Maïs.* — Les déchets qui proviennent de la mise en farine du maïs renferment beaucoup de matières grasses et amylacées et de fibre digestible. La teneur en matières albuminoïdes étant d'ailleurs suffisante, les tourteaux de maïs fournissent un aliment succulent pour les animaux mis à l'engrais ; mais moins utile pour les jeunes animaux [1].

Le prix des tourteaux analysés sous le n° 14 était, en Écosse, de 250 fr. les mille kilogrammes, soit de 25 à 30 fr. moins élevé que celui de la farine de maïs. Les enveloppes du maïs sont toutefois plus riches en huile et en albuminoïdes que le grain même et plus nourrissantes que la farine de blé [2].

L'échantillon n° 15 représente un aliment excellent, très digestible pour les brebis et les agneaux ; très profitable pour les vaches laitières. Un kilogramme de ce tourteau de maïs, ajouté à leur ration quotidienne, augmente sensiblement la production du lait.

La farine de maïs comparée aux tourteaux de lin et de coton a été mise en expérience pour l'engraissement des bœufs à Woburn, et analysée (voir même livre, § II).

N°s 16 à 27. *Criblures et farine de riz.* — Le nettoyage du riz laisse comme résidu des enveloppes, de l'épiderme et des fragments de grains. Il est recherché pour les vaches laitières, surtout dans

1. *Annual report, etc., for* 1875.
2. *Annual report, etc., for* 1880.
3. *Annual report, etc., for* 1882.

les fermes du Cheshire qui sont à portée des usines à décortication de Liverpool. C'est également un bon aliment pour les porcs à l'engrais.

La composition des criblures de riz (analyses nos 7 et 8) indique que ce déchet est riche, autant que l'avoine, en matières grasses, et approprié à l'engraissement comme le maïs. Presque toute la matière grasse du riz est en effet contenue dans la partie externe du grain enlevée par la décortication ; il en est de même de la matière azotée ; toutefois, les criblures renferment près de la moitié en poids de fibre ligneuse sans valeur pour l'alimentation [1].

Quand on peut acheter les criblures de riz à un prix modéré, on dispose d'un aliment économique, mais à la condition de les mélanger avec des aliments plus substantiels. Les déchets d'orge et d'avoine ont une valeur nutritive au moins double de celle des déchets de riz. On les emploie toutefois en grande quantité en Angleterre pour engraisser les porcs.

La composition des déchets de mouture du riz est malheureusement très variable. Les échantillons nos 20 et 24, de beaucoup supérieurs comme teneur en matières grasses et albuminoïdes aux autres échantillons, se vendent pourtant au même prix [2]. Des nos 21 à 24, le dernier renfermant autant de matière grasse que le tourteau de lin de bonne qualité et moins de cellulose, se vendait également au prix de 112 à 125 fr. les mille kilogrammes [3].

Mieux appropriées à l'engraissement du bétail adulte, les criblures de riz, mêlées à du coton décortiqué ou de la farine de fèves, donnent une excellente alimentation pour les vaches laitières.

Parfois on trouve sur le marché des déchets de riz de qualité inférieure (nos 25 et 26) qui contiennent beaucoup moins de matières grasses et azotées et beaucoup plus de cellulose ; les déchets ainsi composés peuvent exercer des effets nuisibles sur le bétail, ou bien ils sont inertes.

Quant aux balles de riz (no 27) avec lesquelles on dénature parfois

1. *Composition of Ricemeal. — Trans. Highl. and Agric. Soc. of Scotland ;* janvier 1853.

2. *Annual report, etc., for* 1876.

3. *Annual report, etc., for* 1879.

les tourteaux de lin, elles renferment surtout des matières amylacées et de la cellulose imprégnée de silice qui se retrouve dans les cendres.

N° 29. *Déchets de lin et de chanvre.* — Les capsules des graines de lin et de chanvre sont souvent desséchées et finement broyées, pour mélange avec les tourteaux oléagineux. L'analyse n° 29, tableau CCXXXIV, montre que ce déchet renferme plus d'huile et un peu plus de composés albuminoïdes que la paille des céréales et lui est préférable comme aliment; mais c'est un résidu volumineux qui n'est pas recommandable comme matière à introduire dans les tourteaux.

N° 30 *Levûre pressée.* — La levûre, bien que pressée, après avoir servi à la fermentation alcoolique, renferme encore près des trois quarts de son poids d'eau et à peine de matière grasse ; sa valeur nutritive, étant donné son volume, dépend ainsi uniquement de la teneur en albuminoïdes et en hydrates de carbone [1]. Les vaches laitières en tirent bon parti, quand on la mélange avec du foin et de la paille hachée. La caséine offre une composition analogue à celle des albuminoïdes de la levûre.

N° 31. *Marcs de glucose.* — Les marcs formés par les résidus du traitement du maïs, en vue de l'extraction du sucre de raisin, contiennent plus d'huile et de substances albuminoïdes que le tourteau de lin pur ; ils constituent un aliment appétissant et préférable aux déchets de riz [2].

Grains ou drêche de brasserie. — Ce résidu que l'on retire des cuves de brassage après épuisement du malt, renferme près des trois quarts de son poids d'eau, et la partie solide consiste principalement en cuticules ligneuses qui enveloppent le grain et en débris de gemmules. Johnston en a donné l'analyse suivante :

Eau	75.85
Gomme	1.06
Fibre ligneuse	21.28
Matières azotées	0.62
Matières minérales	1.19
	100.00

1. *Annual report, etc., for* 1872.
2. *Annual report, etc., for* 1880.

Malgré sa faible teneur en matières azotées, la fibre ligneuse étant digestible, la drèche est recherchée pour la nourriture des vaches laitières. On la mélange le plus souvent avec des turneps ; 20 litres de drèche et 10 kilogr. de turneps constituent une bonne ration journalière pour une vache.

Résidus ou marcs des distilleries. — Le liquide qui est évacué des alambics après la distillation des moûts de grains, est boueux, plus ou moins liquide : on l'utilise pour l'alimentation des vaches et des porcs. Quand il s'est aigri par la conservation en citernes, on le donne de préférence aux porcs. On attribue en tous cas à cette alimentation des vaches laitières, une sécrétion plus abondante de lait crémeux.

Johnston a déterminé la composition d'un marc provenant de la distillation de l'avoine pour la fabrication du *whiskey* (île d'Islay) ; nous la reproduisons d'après Vœlcker[1] :

Composition par litre.	PARTIE liquide. — Grammes.	PARTIE épaisse. — Grammes.
Matières organiques (gomme, sucre, albuminoïdes, etc.)	55.19	146.70
— inorganiques (cendres)	5.19	8.40
	60.38	155.10

Composition des cendres p. 100.

Potasse et soude, avec traces d'acides sulfurique et chlorhydrique.	46.24	38.36
Acide phosphorique (combiné avec les alcalis)	21.67	24.35
Phosphates de chaux et magnésie	28.88	15.90
Matière siliceuse.	2.56	20.95
Perte	0.65	0.44
	100.00	100.00

Ces analyses indiquent une teneur élevée en matières organiques, formées de sucre et de gomme principalement, et en phosphates

1. *On the chemistry of food, etc.*, p. 24

utilisés pour la production du lait. Le liquide épais représente une valeur nutritive égale à celle du même poids de turneps, et le liquide plus clair une valeur égale à moitié du poids; de toutes manières, la drèche de distillerie constitue un aliment précieux pour les vaches laitières.

N° 32 et 33. *Biscuit.* — La farine provenant des déchets de fabrication des biscuits [1], et les déchets mêmes [2] peuvent utilement être employés comme aliment, en raison de leur teneur en matières azotées et en hydrates de carbone. Au prix de 180 à 190 fr. les mille kilogrammes, les déchets de biscuit sont économiques pour l'alimentation.

N° 34. *Pains Good.* — Ces pains, fabriqués en vue de fournir une alimentation à la fois amylacée et sucrée au bétail, ne donnent lieu à aucune remarque spéciale [3].

N° 35. *Déchets de graines.* — Les criblures résultant du nettoyage des graines de lin, de colza, etc., que l'on n'utilise pas pour dénaturer les tourteaux de graine pure, sont fabriquées en tourteaux que l'on vend comme étant de 2e et 3e qualité. A défaut de graines oléagineuses salubres, ce sont les graines de moutarde et adventices qui constituent ces produits de fraude, d'autant plus coupable qu'ils peuvent être nuisibles au bétail.

Poudre de viande. — Il reste à signaler comme aliment, les résidus de viande et de carcasses ayant servi à la fabrication des tablettes de bouillon, des conserves et de l'extrait de viande Liebig. Des deux analyses que Vœlcker a données de ces viandes desséchées et mises en poudre, la seconde (*b*) s'applique aux déchets de l'extrait de viande qui, ayant perdu son jus, ne consiste plus qu'en fibre musculaire, qui n'est pas digestible. Liebig avait conseillé de l'enrichir par l'addition de phosphate de potasse.

---

1. *Annual report, etc., for* 1864.
2 et 3. *Annual report, etc., for* 1881.

Composition de la poudre de viande.

	BŒUF [1] de Queensland.	VIANDES [2] d'extrait Liebig.
	a	*b*
Eau	7.48	5.57
Matières azotées (notamment fibrine [1])	67.56	74.62
— grasses et extractives	21.55	15.20
— minérales [2]	3.41	4.61
	100.00	100.00
1. Contenant azote	10.80	11.77
2. — sable	»	0.55
— phosphate de chaux	»	1.01
— sels alcalins	»	3.05

Extrait de bouillon de mouton. — Les vastes établissements de l'Australie où l'on abat les moutons pour extraire le suif, ont cherché à utiliser les liquides dans lesquels ont bouilli la viande et les os dans le but de fabriquer un produit approprié à l'engraissement des porcs et à la nourriture des chiens. Ce produit, qui se distingue de l'extrait de viande Liebig, en ce qu'il renferme moins de jus de viande et de matières extractives, mais plus de gélatine, est le résultat de la concentration du bouillon en chaudière. Soumis à l'analyse par Vœlcker et au traitement par l'alcool à 80 degrés, il présente la composition suivante :

Composition de l'extrait de bouillon de mouton.

	a	*b*
Eau	31.29	29.70
Matières grasses	0.35	»
— azotées (gélatine et extrait [1])	61.27	66.29
— minérales salines	4.09	4.01
	100.00	100.00
1. Contenant azote	10.75	10.96
Traitement par l'alcool à 80°.		
Matière extractive sèche, soluble dans l'alcool	20.27	17.89
— insolubles dans l'alcool	48.44	52.41
Eau	31.29	29.70
	100.00	100.00

1. *Annual report, etc., for* 1868.
2. *Annual report, etc., for* 1875.

Quoique ne présentant aucune différence extérieure, l'échantillon *b* contenait plus de gélatine, mais moins de matières extractives que l'échantillon *a* ; et comme ces matières déterminent la valeur commerciale des extraits de viande, il avait moins de valeur. Indépendamment de la teneur en azote des deux échantillons, il y aurait lieu de déterminer pratiquement si le produit en lui-même ne jouit pas de la propriété de favoriser l'assimilation d'autres aliments.

A cet effet, des expériences ont été instituées, sous la direction de Vœlcker, par M. Guy Roberts, à Haslemere, sur deux lots de trois porcs, recevant comme ration des déchets de malt et du tourteau de noix de palmier. L'un des lots reçut comme supplément à sa ration quotidienne, du bouillon de mouton concentré, et l'autre, des pois. Au bout de sept jours, le premier lot avait perdu $4^k,98$ de poids vif pour une dépense totale en nourriture de 5 fr. 40 c., et le deuxième avait gagné $1^k,80$ pour une dépense de 4 fr. 65 c. Il semblerait résulter de cette expérience que le bouillon concentré ne saurait remplacer économiquement les pois, lorsque la ration ordinaire, suffisante, doit être complétée par un aliment spécial.

Pour apprécier toutefois, la ration étant plus que suffisante, si le bouillon concentré peut exercer une action physiologique favorable à l'assimilation d'un excès de nourriture, des expériences furent renouvelées sur deux lots de deux porcs, recevant chacun une pleine ration composée de déchets de malt, de farine de noix de palmier et de pois. Un de ces lots reçut comme supplément de ration du bouillon concentré, et l'autre lot ne reçut rien. Pour le premier, au bout de 19 jours, l'alimentation ayant coûté 16 fr. 35 c., l'augmentation de poids vif fut de $13^k,60$, et pour le second, en regard d'une dépense totale en aliments de 9 fr. 45 c., l'excédent de poids vif atteignit seulement $7^k,70$. Le deuxième essai prouverait ainsi que le bouillon concentré peut agir efficacement et économiquement pour engraisser des porcs se nourrissant à satiété, non pas par l'apport direct de matières albuminoïdes et d'hydrates de carbone, mais indirectement, par une meilleure assimilation de la ration [1].

1. *On Australian concentrated mutton soup as a food for pigs*. 28 juillet 1873.

II. — Expériences de Woburn. — Culture et alimentation.

L'objet et le programme des expériences de Woburn, auxquelles Vœlcker s'est personnellement appliqué depuis 1876, ont été sommairement retracés par lui, sans que nous croyons devoir rien modifier à son exposé [1].

« Dès l'automne de 1875, M. C. Randell avait proposé au Conseil de la Société royale d'agriculture de charger le comité de chimie d'examiner comment pourrait être instituée une série d'expériences dans le but de contrôler l'exactitude de la valeur du fumier résultant de la consommation de différents aliments, telle que M. Lawes l'avait établie (tableau CCXIX) dans le travail que le *Journal de la Société royale* avait publié [2]. Ce but avait acquis une importance toute spéciale par le fait que dans la loi votée sur le fermage, le fermier avait droit désormais à une compensation, surtout pour la valeur non épuisée de l'aliment acheté, soumis à l'expertise. M. Randell proposait en outre qu'à cet effet, des recherches fussent conduites par des agriculteurs praticiens dans plusieurs districts, afin d'opérer sur une grande variété de sols et de climats, et cela, aux frais de la Société.

« Au cours de la discussion et de l'enquête soulevées par cette proposition, on fut d'avis généralement que ces expériences pourraient avoir une grande utilité ; mais dans la crainte de ne pouvoir obtenir des résultats suffisamment exacts et pratiques, le conseil ne se sentit pas justifié de voter des fonds pour cet objet.

« Sur ces entrefaites, le duc de Bedford exprima le désir de faire le nécessaire pour faciliter de nouvelles expériences à ses frais, et M. Lawes et le Dr Vœlcker furent désignés pour dresser, d'accord avec le comité de chimie, un plan des expériences les plus propres à remplir le but proposé par M. Randell. Le duc de Bedford ayant

1. *The influence of chemical discoveries on the progress of English agriculture : Journ. Roy. Agr. Soc. of England,* vol. XIV, part. 2, 2e série. 1878.

2. *On the valuation of exhausted manures,* by J. B. Lawes; *Journ. id.* ; vol. X. part. 1. 1875.

offert d'abandonner, à Woburn, la ferme de Crawley Mill comprenant 36 hectares, avec l'habitation et les bâtiments d'exploitation, on reconnut après examen que la surface n'était pas assez grande et que le sol n'avait ni la qualité ni les conditions voulues pour une série considérable d'expériences de culture et d'engraissement. Finalement une terre plus convenable fut choisie à Birchmoor. Le noble Lord s'arrangea pour la cession de cette terre avec le fermier, en laissant toutefois à la disposition de la Société la ferme de Crawley Mill, à cause de la résidence nécessaire pour le surveillant, les ouvriers et les attelages dont l'exploitation expérimentale n'aurait pas pu se passer.

« Comme les expériences destinées à déterminer la valeur de l'engrais provenant de la consommation d'aliments achetés, impliquaient l'obligation de nourrir un certain nombre d'animaux, de façon à pouvoir recueillir les fumiers avec le moins de perte possible, le duc de Bedford fit construire huit boxes d'engraissement. Dès lors, les expériences de culture et d'engraissement furent instituées d'après un plan arrêté en commun avec M. Lawes, dont voici la description :

« *Expériences de culture.* — Le champ *Stackyard* a une surface de près de 11 hectares. Le sol, formé d'un loam très léger, ayant une couche arable d'environ $0^m,23$ d'épaisseur, repose sur un sous-sol de sable presque pur. On recueillit des échantillons de sol et de sous-sol dans quinze endroits différents et pour chacun on préleva six spécimens d'une épaisseur de $0^m,23$, soit une épaisseur totale de $1^m,38$.

« Considérant l'importance, spécialement par rapport aux évaluations que spécifie la loi sur les fermages, d'augmenter les connaissances acquises sur la valeur comme engrais des aliments importés et consommés par les animaux dans la ferme, il fut décidé de comparer les effets du fumier obtenu par les déjections résultant de la consommation d'aliments choisis et achetés, avec ceux fournis par l'emploi d'engrais artificiels estimés devoir contenir les mêmes éléments fertilisants. D'autre part, les effets du fumier et des produits fertilisants, appliqués chaque année consécutivement sur le sol de Woburn, devaient être comparés avec ceux obtenus depuis tant

d'années, en recourant aux mêmes engrais, sur le sol bien différent de Rothamsted.

« En conséquence, dans une pièce de 2ha,43 où l'on avait, en 1876, cultivé et récolté du blé, après vesces et turneps consommés sur place et supplément de tourteau, on choisit 1ha,11 pour le consacrer à la culture continue du blé, et 1ha,11, pour la culture continue de l'orge. Dans chaque cas la surface fut partagée en 11 lots de 10 ares chacun et l'on appliqua annuellement aux onze parcelles de chaque série, froment et orge, les engrais suivants calculés à l'hectare :

Parcelles n° 1. — Sans engrais.
— n° 2. — 224 kilogr. sels ammoniacaux, correspondant à 56 kilogr. d'ammoniaque.
— n° 3. — 358 kilogr. nitrate de soude, correspondant à 56 kilogr. d'ammoniaque.
— n° 4. — 224 kilogr. sulfate de potasse ; 112 kilogr. sulfate de soude ; 112 kilogr. sulfate de magnésie et 439kg,40 superphosphate de chaux.
— n° 5. — 224 kilogr. sulfate de potasse ; 112 kilogr. sulfate de soude ; 112 kilogr. sulfate de magnésie ; 439kg,40 superphosphate de chaux et 224 kilogr. sels ammoniacaux contenant 56 kilogr. d'ammoniaque.
— n° 6. — 224 kilogr. sulfate de potasse ; 112 kilogr. sulfate de soude ; 112 kilogr. sulfate de magnésie ; 439kg,40 superphosphate de chaux et 358 kilogr. nitrate de soude contenant 56 kilogr. d'ammoniaque.
— n° 7. — Sans engrais.
— n° 8. — 224 kilogr. sulfate de potasse ; 112 kilogr. sulfate de soude ; 112 kilogr. sulfate de magnésie ; 439kg,40 superphosphate de chaux et 448 kilogr. sels ammoniacaux contenant 112 kilogr. d'ammoniaque.
— n° 9. — 224 kilogr. sulfate de potasse ; 112 kilogr. sulfate de soude ; 112 kilogr. sulfate de magnésie ; 439kg,40 superphosphate de chaux et 616 kilogr. nitrate de soude contenant 112 kilogr. d'ammoniaque.
— n° 10. — Fumier de ferme estimé contenir de l'azote égal à 56 kilogr. d'ammoniaque.
— n° 11. — Fumier de ferme estimé contenir de l'azote égal à 112 kilogr. d'ammoniaque.

« *Expériences d'assolements.* — M. Randell avait proposé dans le

principe de comparer expérimentalement la valeur engrais de quatre sortes différentes de tourteaux, à savoir :

Tourteau de graine de coton décortiqué ;
— — — ordinaire ;
— — de lin ;
— de colza.

Mais on calcula qu'en considération de la faible quantité, dans le fumier total, des éléments fournis par la consommation des tourteaux achetés, il n'y aurait pas assez de différences dans la valeur engrais du fumier obtenu par l'emploi de poids égaux de ces quatre aliments, pour que les résultats des expériences séparées d'engraissement avec les tourteaux, à faire suivre par des expériences séparées de culture à l'aide du fumier produit, fussent significatives. On résolut, en conséquence, de borner les recherches comparatives au tourteau de coton décortiqué, comme ayant une valeur élevée sous le rapport de la fumure, et à la farine de maïs, comme possédant une valeur bien moindre, et de comparer les effets des fumiers obtenus par la consommation de ces deux aliments avec ceux d'engrais artificiels fournissant la même somme d'azote, de potasse, d'acide phosphorique, etc., que dans le tourteau de coton, d'une part, et dans la farine de maïs, d'autre part.

« *Expériences d'alimentation.* — Il est résulté de ce programme que quatre expériences d'alimentation furent organisées : dans chacune desquelles, pour la même quantité de litière, de racines et de paille hachée, on a employé comme supplément des rations alimentaires, dans l'expérience n° 1, 453 kilogr. de tourteau de coton décortiqué ; et dans l'expérience n° 2, 453 kilogr. de farine de maïs. Sans supplément de ration dans l'expérience n° 3, on a ajouté au fumier appliqué au sol, des engrais artificiels estimés contenir la même somme d'éléments fertilisants que l'engrais des 453 kilogr. de tourteau de coton, et dans l'expérience n° 4, la même somme d'éléments fertilisants contenus dans l'engrais des 453 kilogr. de farine de maïs.

« Il convient d'expliquer que la quantité d'azote qui se trouve dans l'engrais produit par les aliments achetés a été calculée d'après

les règles qui ont servi à M. Lawes pour établir le tableau CCXIX de la valeur du fumier produit par la consommation de différents articles d'alimentation ; c'est-à-dire, que dans le cas d'aliments très azotés, tels que les tourteaux et les légumineuses, on a déduit 10 p. 100 de l'azote total comme étant absorbé par l'animal pour augmentation de poids vif et les pertes subies; ce qui revient à évaluer à 90 p. 100 l'azote recouvrable dans le fumier. Dans le cas d'aliments relativement peu azotés, tels que les grains des céréales, on déduit 15 p. 100 pour l'accroissement et la perte, et il reste 85 p. 100 pour le fumier. En ce qui concerne les éléments minéraux, tels que l'acide phosphorique, la potasse, etc., on déduit généralement beaucoup moins que pour l'azote; mais une déduction plus ou moins forte de ce chef affecte très peu l'évaluation de l'engrais.

« Comme suite à ces dispositions, l'assolement quadriennal ordinaire : racines, orge, fourrages et froment, ayant été adopté, on consacra à chacune des fumures résultant des quatre expériences d'engraissement, une parcelle de 40a,4. La première rotation étant en fourrages (trèfle et ray-grass), la parcelle n° 1 reçoit des moutons parqués qui consomment l'herbe avec un supplément déterminé de tourteau de coton ; la parcelle n° 2 reçoit également des moutons qui consomment l'herbe avec la même quantité de farine de maïs ; la parcelle n° 3 est transformée en parc, mais les moutons n'ont pas d'alimentation supplémentaire. Pour la rotation suivante de froment, on ajoute au sol n° 3 comme engrais artificiel les éléments fertilisants contenus dans la ration de tourteau de coton donnée en supplément ; enfin, la parcelle n° 4 est de même transformée en parc, sans supplément de ration pour les moutons, et le sol est fumé à la rotation suivante de froment, avec une quantité d'éléments fertilisants égale à celle que fournit la ration additionnelle de farine de maïs.

« D'après cela, sur une pièce de 6ha,48, cultivée en 1876 en orge succédant à des vesces de printemps, parquées une fois avec supplément de tourteau, on ensemença, en 1877, 1ha,62 avec de la graine de fourrages et 1ha,62 avec des mangolds. Le reste de la pièce fut de nouveau emblavé avec de l'orge en 1877, mais fumé avec du tourteau de colza, à raison de 878 kilogr. à l'hectare.

En 1878, il fut procédé, comme pour la première moitié de la pièce l'année précédente, à l'ensemencement de $1^{ha},62$ en fourrages et de $1^{ha},62$ en mangolds. »

Le cours de l'assolement quadriennal des $6^{ha},48$ entrés en expérience est indiqué par le tableau CCXXXV.

TABLEAU CCXXXV. — Assolements comparés de Woburn.

	ASSOLEMENT 1 $1^{ha},62$	ASSOLEMENT 2 $1^{ha},62$	ASSOLEMENT 3 $1^{ha},62$	ASSOLEMENT 4 $1^{ha},62$
1877	Fourrages.	Mangolds.	»	»
1878	Froment.	Orge.	Fourrages.	Mangolds.
1879	Mangolds.	Fourrages.	Froment.	Orge.
1880	Orge.	Froment.	Mangolds.	Fourrages.
1881	»	»	Orge.	Froment.

Les expériences de Woburn, commencées en 1876 par MM. Lawes et Vœlcker, qui signèrent ensemble le premier rapport sur les résultats obtenus en 1877, et continuées par le Dr Vœlcker seul, jusqu'en 1884, n'ont eu d'autre but, il importe de le rappeler, en ce qui concerne la culture continue du froment et de l'orge, que de jeter quelque lumière sur la question si complexe de l'épuisement graduel du sol par les céréales. On s'est surtout préoccupé, par l'examen des fonctions des divers engrais azotés et minéraux, de recueillir des données pouvant guider sûrement les agriculteurs dans l'évaluation des engrais restés en terre, c'est-à-dire, non épuisés[1]. Les expériences se poursuivant par les soins de M. Vœlcker fils, qui a remplacé son regretté père comme chimiste consultant de la Société royale, sans qu'aucune conclusion ait pu encore être tirée, nous n'avons pas à en formuler pour les sept premières années, 1877 à 1884, dont nous rendons compte. Nous nous bornerons ainsi à résumer les observations enregistrées par Vœlcker, à l'appui des résultats publiés jusqu'en 1884.

1. *Report on the field and feeding experiments, etc., during the year* 1882.

Nous rappellerons finalement que la pièce de Stackyard, au sol très léger, sur laquelle ont eu lieu les expériences de culture et d'assolement, située à 1200 mètres environ des bâtiments de la ferme Crawley Mill, a été divisée en deux parties. Sur la plus petite des deux parties, d'une étendue de $2^{ha},20$, une moitié, soit $1^{ha},10$, a été affectée à la culture continue du froment, et l'autre moitié, de $1^{ha},10$, à la culture de l'orge.

Sur la partie la plus grande de la pièce, comprenant $6^{ha},48$, ont été conduites les expériences d'assolement quadriennal[1].

La pièce entière avait porté en 1876 une récolte de froment ayant rendu 21.90 hectol. de grain vanné et $2,573^{k},50$ de paille à l'hectare.

1. Expériences culturales.

a. — Culture continue du froment.

La variété de grain choisie comme semence étant celle de Browick, cultivé aux environs de Woburn, on convint d'emblaver au semoir et par lignes, à raison de 200 litres de semence à l'hectare. Le fumier et les engrais minéraux furent appliqués à l'automne avant l'ensemencement ; les sels ammoniacaux et le nitrate de soude, au printemps, en couverture.

Le tableau CCXXXVI reproduit les résultats de sept récoltes successives de froment ; poids du grain vanné et de la paille, en regard des fumures employées sur les 11 parcelles expérimentales ; le prix approximatif des engrais pour le froment et l'orge est donné dans le tableau CCXXXVII.

Première année 1877. — L'ensemencement se fit dans la première semaine de novembre 1876. Le fumier appliqué la première année aux parcelles 10 et 11, n'ayant pas pu être préparé en temps utile, de façon à contenir exactement 56 kilogr. d'ammoniaque pour la parcelle 10 et 112 kilogr. pour la parcelle 11, on fuma la première avec 6000 kilogr. de fumier pailleux, bien retourné, et la seconde avec 12 000 kilogr.

---

1. *Report on the field, etc., during the year* 1880.

TABLEAU CCXXXVI. — Expériences sur la culture continue du blé, Stackyardfield (Woburn).

		1877.		1878.		1879.		1880.		1881.		1882.		1883.	
		GRAIN vanné.	PAILLE.	GRAIN vanné.	PAILLE.	GRAIN vanné.	PAILLE.	GRAIN vanné.	PAILLE.	GRAIN vanné.	PAILLE.	GRAIN vanné.	PAILLE.	GRAIN vanné.	PAILLE.
		kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
1	Sans engrais	1532	2605	1057	2452	519	1616	536	1684	1656	2478	790	2319	1057	2215
2	224 kilogr. sels ammoniacaux	2355	4676	1180	2686	847	2598	641	1912	1955	2632	2092	3977	1571	3391
3	358 kilogr. nitrate de soude	2161	4299	779	2448	677	2140	556	1966	2509	3453	1677	4167	1679	3627
4	224 kilogr. sulfate potasse, 112 kilogr. sulfate soude, 112 kilogr. sulfate magnésie et 439k,4 superphosphate.	1410	2510	730	2298	603	2159	879	2432	1800	2553	946	2381	1135	2240
5	224 kilogr. sulfate potasse, 112 kilogr. sulfate de soude, 112 kilogr. sulfate magnésie et 224 kilogr. sels ammoniacaux	2308	4896	871	2345	1659	4423	1448	3999	2603	3781	2352	4748	2248	4580
6	224 kilogr. sulfate potasse, 112 kilogr. sulfate soude, 112 kilogr. sulfate magnésie et 358 kilogr. nitrate de soude	2162	4629	944	2971	1583	4607	1350	3781	3034	4635	2111	4920	2503	4741
7	Sans engrais	1427	2479	789	2364	421	1664	771	1962	1676	2194	825	2278	1222	2326
8	224 kilogr. sulfate potasse, 112 kilogr. sulfate soude, 112 kilogr. sulfate magnésie, 439k,4 superphosphate et 448 kilogr. sels ammoniacaux	3017	6073	1862	5304	1797	5732	1636	4024	2932	4635	870 2878	2204 6911	3081 1116	5945 1741
9	224 kilogr. sulfate potasse, 112 kilogr. sulfate soude, 112 kilogr. sulfate magnésie, 439k,4 superphosphate et 616 kilogr. nitrate de soude	2683	5367	1858	5367	1589	5853	1466	4756	3262	4870	771 2367	2300 6239	2840 1233	5909 2212
10	Fumier de ferme estimé contenir 56 kilogr. ammoniaque	1210	3338	865	1979	825	2385	858	2451	2232	3122	980 1067	2410 3044	1329 1872	2923 3727
11	Fumier de ferme estimé contenir 112 kilogr. ammoniaque	1274	2573	1110	2538	1159	3035	1130	3203	2771	4120	1004 1406	2544 3876	1448 2271	2739 4690

Ni le fumier, ni les engrais minéraux azotés ne produisirent aucun effet. Pour une même proportion d'azote, les sels ammoniacaux furent plus efficaces que le nitrate de soude, soit qu'ils aient été employés seuls ou associés avec les matières minérales. Non seulement les sels ammoniacaux ont développé le rendement en grain et en paille, et le poids de l'hectolitre, mais aussi la maturité du grain et la couleur de la paille.

TABLEAU CCXXXVII. — Prix à l'hectare des engrais appliqués aux parcelles expérimentales (froment et orge).

Nos des parcelles.	COMPOSITION DES ENGRAIS APPLIQUÉS.	Prix de l'hectare.
		fr.
2	224 kilogr. sels ammoniacaux	129,60
3	358 kilogr. nitrate de soude.	123,45
4	224 kilogr. sulfate de potasse, 112 kilogr. sulfate de soude, 112 kilogr. sulfate de magnésie et 439kg,4 superphosphate de chaux.	200,00
5	Mêmes engrais minéraux que sur la parcelle n° 4 plus 224 kilogr. sels amoniacaux.	330,25
6	Mêmes engrais minéraux que sur la parcelle n° 4 plus 358 kilogr. nitrate de soude.	324,05
8	Mêmes engrais minéraux que sur la parcelle n° 4 plus 448 kilogr. sels ammoniacaux	460,00
9	Mêmes engrais minéraux que sur la parcelle n° 4 plus 616 kilogr. nitrate de soude.	447,50

L'inefficacité du fumier ne saurait être attribuée uniquement à la continuité des pluies sur un sol aussi poreux. Celle des matières minérales employées seules semblerait indiquer que la précédente récolte avait épuisé la totalité de l'excédent disponible en azote.

L'augmentation de rendement a été plus forte dans les parcelles 5 et 6, pour une moindre proportion d'ammoniaque en plus des engrais minéraux, que dans les parcelles 8 et 9 pour une proportion double. On peut en inférer que, vu la saison et l'état du sol, un excédent d'azote soluble n'a pas pu être utilisé par la récolte.

Deuxième année 1878. — Les engrais minéraux ont été répandus à la volée le 2 novembre 1877 avant d'emblaver ; les sels ammoniacaux et le nitrate furent appliqués en couverture le 4 mars 1878.

On commença la moisson le 2 août ; la récolte fut enlevée et mise en meules le 19 du même mois, puis battue le 16 octobre suivant.

Pendant quatre semaines et trois jours, de juin à juillet, il n'y eut pas de pluie ; vers la mi-juillet, quand il commença à pleuvoir, le froment avait cesser de végéter. L'épi ne s'était pas bien formé dans quelques parcelles, notamment 3 et 4 ; dans la plupart, la nielle et la rouille ont exercé des ravages.

A l'exception des parcelles 8 et 9 traitées par l'engrais minéral, avec supplément, l'une, de sels ammoniacaux, et l'autre, de nitrate de soude, qui donnèrent, à très peu près, le même rendement en grains et en paille, les autres eurent un rendement des plus faibles (tableau CCXXXVI).

Pas plus qu'en 1877, les engrais minéraux seuls et le fumier ne furent efficaces. Il y a lieu d'observer pourtant que le fumier avait été appliqué comme l'année précédente à l'état pailleux, non décomposé, et ajouta par cela même à la porosité du sol naturellement très léger.

Composition du fumier (parcelle 10) : litière en paille d'orge 1380 kilogr. ayant reçu les déjections d'animaux nourris avec 170 kilogr. tourteau de coton décortiqué, 426 kilogr. farine de maïs, 5830 kilogr. mangolds et 1400 kilogr. paille de froment ; poids : 14 000 kilogr. à l'hectare.

Composition du fumier (parcelle 11) : 2870 kilogr. paille d'orge comme litière ayant reçu les produits des nourritures suivantes : 340 kilogr. tourteau de coton décortiqué, 852 kilogr. farine de maïs ; 11 660 kilogr. mangolds et 2800 kilogr. paille de froment ; poids : 28 000 kilogr. à l'hectare.

Les résultats, comme ensemble de récolte, étant plus défavorables en 1878, surtout pour le grain, et par conséquent, au point de vue pratique, n'en sont pas moins instructifs, parce qu'ils tendent à prouver que dans les terres très légères, même en recourant à de fortes quantités d'engrais artificiels, le blé ne saurait être cultivé d'une manière continue avec économie.

Troisième année 1879. — La terre étant en excellente condition, on sema en lignes le 2 novembre 1878, mais le plant n'apparut qu'au 30 décembre. Comme l'application du fumier long et pailleux avait eu pour effet, dans les deux années précédentes, de désagréger encore davantage le sol, on prépara d'avance, pour le blé et pour l'orge, dans les boxes de Woburn, le fumier pour les parcelles 10 et 11, avec moins de litière, et de la litière hachée, et on le répandit à cet état avec la dose d'ammoniaque voulue, non plus en novembre, avant l'ensemencement, mais en couverture, à la fin de janvier.

Le fumier nécessaire fut obtenu, moitié pour le blé et moitié pour l'orge, en mettant 8 bœufs en boxes le 8 octobre 1878. Les résultats sont consignés ci-après.

Poids vif total des 4 bœufs à l'entrée en boxes, le 8 octobre 1878 .	1936kg,50
— — à la sortie, le 5 novembre	2011 ,80
Gain total en poids au bout de 5 semaines	65kg,30
Gain moyen en poids par bœuf et par semaine	3 ,26

Nourriture consommée pendant 8 semaines :

	KILOGR.	KILOGR.
Tourteau de coton décortiqué	254	1320
Farine de maïs	406	
Turneps.	152	
Paille de froment hachée	508	
Consommation de litière		584
Poids de fumier consommé, enlevé le 5 novembre		1269

Du fumier ainsi produit, la quantité nécessaire pour représenter 96 kilogr. d'ammoniaque fut appliquée le 24 janvier à la parcelle n° 10, et la quantité correspondante à 112 kilogr. d'ammoniaque, à la parcelle n° 11. Le 7 mars suivant, le fumier était régulièrement incorporé ; le sol était ferme et la récolte de bonne venue.

La moisson se fit le 8 septembre ; la mise en meules, le 17 suivant, et le battage commença sur place le 30 octobre 1879.

En raison de la basse température et de l'humidité de la saison, la récolte générale du blé, en 1879, fut très médiocre et variable. Aussi bien la composition inégale du sol des différentes parcelles,

que les ravages causés par les larves des tipulaires et la rouille, ont donné lieu à des anomalies dans les rendements parcellaires qu'il serait difficile d'expliquer. Il y a lieu toutefois de présenter quelques observations intéressantes (tableau CCXXXVI).

Si l'on compare les rendements en grain et en paille des deux parcelles sans engrais, nos 1 et 7, on constatera que pendant les trois années consécutives, la parcelle n° 1 a une capacité naturelle de production, supérieure à celle de la parcelle n° 7.

De même, dans la parcelle n° 2, traitée par les sels ammoniacaux seuls, les rendements dans les trois années ont été meilleurs que dans la parcelle n° 3 traitée par le nitrate de soude.

La récolte la plus forte en grain a été obtenue dans les trois années sur la parcelle n° 3, traitée par les engrais minéraux avec addition de 448 kilogr. de sels ammoniacaux à l'hectare. Le nitrate de soude ajouté au mélange d'engrais minéraux, à raison de 616 kilogr. à l'hectare, paraît avoir augmenté le rendement en paille, au détriment de celui du grain (parcelle n° 9).

Malgré la mauvaise saison, le fumier consommé, appliqué en couverture, a mieux réussi sur les deux parcelles 10 et 11 que dans les années précédentes.

Quatrième année 1880. — Une des grandes difficultés éprouvées pour la culture expérimentale des céréales, est d'obtenir que la terre soit propre, surtout dans les années humides. Après l'enlèvement de la récolte de 1879, le sol des parcelles fut en conséquence labouré le 15 octobre et hersé le 29. Les engrais minéraux furent appliqués le 8 novembre avant l'ensemencement, qui eut lieu les 13 et 15 du même mois ; le fumier fut répandu le 7 février 1880 ; les sels ammoniacaux et le nitrate de soude, les 11 et 12 mars suivant.

Pour le fumier nécessaire, 8 bœufs furent mis en boxes le 1er décembre 1879, et la moitié, provenant de 4 bœufs, fut appliquée aux deux parcelles en froment.

Poids vif total des 4 bœufs à leur entrée en boxes, le 1er décembre 1879.	1789kg,65
— — à leur sortie, le 5 janvier 1880	1879 ,00
Gain total en poids au bout des 5 semaines.	89kg,35
Gain moyen en poids par bœuf et par semaine	4 ,46

Aliments consommés pendant les 5 semaines :

	KILOGR.	KILOGR.
Tourteau de coton décortiqué	254	4214
Farine de maïs	406	
Betteraves disette	3046	
Paille de blé hachée	508	
Consommation de litière		584

Malgré de nombreux sarclages, à partir du 31 mars, pour maintenir le sol en état de propreté, les larves causèrent de grands ravages à la récolte, notamment sur les parcelles 1 et 7 sans aucun engrais et 2 et 3 sans engrais minéraux. La moisson eut lieu du 3 au 10 septembre, et la mise en meules le 20 septembre suivant. Le battage s'effectua sur place le 5 novembre.

A cause du froid en juillet et en août et des pluies continues en juillet, la récolte fut faible et très inégale ; le poids de l'hectolitre de grain descendit entre 59 et 63 kilogr.

Les parcelles 8 et 9, traitées par le mélange d'engrais minéraux additionné de sels ammoniacaux et de nitrate de soude à forte dose, résistèrent le mieux et donnèrent le plus fort rendement. Les parcelles 5 et 6, traitées de même avec les sels ammoniacaux et le nitrate de soude, mais à moindre dose, se classent après, comme rendement (tableau CCXXXVI).

Néanmoins, on peut constater clairement que dans un sol léger, comme celui des champs d'expériences de Woburn, le froment ne saurait se cultiver pendant quelques années de suite, même lorsque les engrais artificiels, renfermant à l'état assimilable les éléments azotés et minéraux, sont appliqués en plus forte proportion que ne le comporte la pratique ordinaire à cause de la dépense trop élevée.

Dans les trois premières années, les engrais minéraux seuls n'avaient eu guère d'effet au point de vue de l'augmentation du rendement ; tandis qu'en 1880, la parcelle n° 4 accuse non seulement un rendement plus fort que les parcelles 1 et 7 sans engrais, mais encore que les parcelles 2 et 3 n'ayant pas reçu d'engrais minéral, et seulement un engrais azoté.

Il semble que, par suite du manque d'éléments constitutifs des

cendres du grain dans le sol, le nitrate de soude et les sels ammoniacaux sont peu ou point efficaces, et qu'à la 4e année, dans le sol mis en expérience, le blé, pour assurer son développement, a eu besoin de matières minérales assimilables.

Comme dans les années précédentes, l'addition d'engrais minéraux aux sels ammoniacaux et au nitrate de soude a eu un effet marqué sur l'accroissement de la récolte.

Cinquième année 1881. — Dès l'enlèvement de la récolte, le champ fut labouré, hersé et parfaitement nettoyé avant l'emblavure, qui se fit les 22 et 23 octobre. Le blé se montra hors terre le 7 novembre suivant. Les engrais minéraux avaient été appliqués le 22 décembre, et les sels ammoniacaux, comme le nitrate de soude, mélangés avec trois fois leur volume de sable sec, les 29 et 30 mars 1881. Pour le fumier des parcelles 10 et 11, répandu le 10 janvier 1881, on mit 6 bœufs en boxes le 20 octobre 1880, 3 pour le froment et 3 pour l'orge. Les résultats sont consignés ci-après :

Poids vif total des 3 bœufs à leur entrée en boxes, le 20 octobre . .	1767kg,85
— — à leur sortie, le 22 novembre	1885 ,75
Gain total en poids au bout des 5 semaines.	117kg,90
Gain moyen en poids par bœuf et par semaine	7 ,86

Aliments consommés pendant les 5 semaines :

	KILOGR.	KILOGR.
Tourteau de coton décortiqué.	254	4215
Farine de maïs	406	
Choux.	3047	
Paille de blé hachée	508	
Consommation de litière.		660
Poids du fumier consommé, enlevé le 16 janvier 1881, après 6 semaines et 6 jours		2613

Les larves ayant commis des dégâts, les vides furent comblés de façon à obtenir une récolte régulière, que l'on coupa le 11 août et le 22 août. La mise en meules s'étant effectuée les 20 et 26 août, le battage eut lieu sur place ; le poids concordait avec le mesurage à l'hectolitre.

L'année 1881, caractérisée par un printemps et un commencement d'été remarquablement chauds et par une fin d'été pluvieuse et froide, influa d'une manière défavorable sur la récolte générale ; mais sur la ferme de Woburn, grâce à l'emblavure précoce, la récolte réussit mieux que dans les quatre années précédentes. En effet, semé le 20 octobre, le blé germait quinze jours plus tard, et se montrait dru et égal au bout d'un mois ; tandis qu'en 1879, semé le 15 novembre, à l'apparition des premiers froids, il dut rester plus de 2 mois et demi en terre avant d'apparaître. Les deux parcelles sans engrais attestent l'importance de la date de l'ensemencement.

Le plus fort rendement est acquis en 1881 à la parcelle 9 (tableau CCXXXVI), traitée par le mélange d'engrais minéraux avec le nitrate de soude, à la haute dose de 616 kilogr. à l'hectare. Ce rendement atteint 3262 kilogr. de grain vanné ; mais le même mélange d'engrais minéraux avec moitié de nitrate de soude, soit 338 kilogr. à l'hectare, donne (parcelle 6) 3034 kilogr., et le nitrate de soude employé seul (parcelle 3) donne 2509 kilogr. de grain.

Il est certain que les hautes doses de sels ammoniacaux et de nitrate, ne sont pas aussi efficaces, pour l'application en couverture, que les doses moindres. Le fumier de ferme, à raison de 56 kilogr. d'ammoniaque, a été plus efficace relativement que celui employé à raison de 112 kilogr.

En 1880, les sels ammoniacaux, seuls ou associés avec les matières minérales avaient le mieux réussi ; en 1881, c'est le nitrate de soude, sans qu'on puisse déterminer les conditions exactes du rôle de chacun de ces fertilisants.

Sixième année 1882. — Le champ expérimental de Stackyard, ayant été labouré aussitôt après la récolte, hersé, sarclé, puis maintenu à l'état de propreté par des façons minutieuses pendant toute la durée de la croissance du blé, on disposa les expériences pour 1882, en dédoublant les parcelles 8, 9, 10 et 11 (tableau CCXXXVI).

Dans le but, en effet, de rechercher jusqu'à quel point des engrais azotés facilement solubles, tels que le nitrate de soude et le sulfate d'ammoniaque, appliqués depuis cinq ans aux récoltes des céréales, ont été utilisés par la plante, fixés par le sol, ou entraînés par les

eaux de drainage, les parcelles 8 et 9, traitées par des engrais azotés à haute dose, furent divisées en deux parties égales. Chaque parcelle entière reçut les engrais minéraux, mais une moitié seulement reçut le complément en couverture de nitrate de soude ou de sels ammoniacaux à la forte dose employée depuis le commencement des expériences. De même, les deux parcelles 10 et 11, traitées par le fumier de ferme, furent dédoublées ; une moitié ne reçut plus de fumier et l'autre reçut la dose ordinaire fixée.

L'ensemencement s'étant fait du 18 au 20 octobre 1881, à raison de 200 litres de grain, au prix de 27 fr. 77 par hectare, on appliqua les engrais minéraux à la volée, le 15 novembre 1881 ; le fumier le 26 janvier 1882, et les engrais azotés en couverture mélangés, avec trois fois leur volume de sable sec, le 7 avril suivant.

Pour le fumier nécessaire, on mit 4 bœufs en boxes le 21 novembre, pendant trois semaines, et on leur donna comme aliments auxiliaires aux analysés (tableau CCXXXVI) ; les résultats du traitement en boxes sont les suivants :

Poids vif total des 4 bœufs mis en boxes le 21 novembre 1881. . .	1878^{kg},95
— — sortis le 13 décembre	1980 ,51
Gain total en poids au bout des 3 semaines.	101^{kg},56
Gain moyen en poids par bœuf et par semaine	8 ,33

Aliments consommés pendant les 3 semaines :

	KILOGR.	KILOGR.
Tourteau de coton décortiqué.	127	2107
Farine de maïs	203	
Turneps en cossettes	1523	
Paille de blé hachée	254	
Consommation de litière.		380
Poids du fumier consommé, enlevé le 26 janvier 1882.		1519

La récolte faite du 14 au 25 août fut mise de suite en meules et battue sur place le 26 octobre, en s'assurant de la concordance du poids et du volume pour le produit de chaque parcelle.

En raison de la saison très pluvieuse, les rapports entre le grain et la paille furent beaucoup plus favorables à cette dernière qu'en 1881 ; le rendement en grain fut de beaucoup inférieur.

Sans exception, les parcelles donnèrent relativement beaucoup plus de paille que de grain par rapport à 1881 ; notamment celles traitées par le nitrate de soude, qui fut moins efficace, employé seul ou associé aux engrais minéraux, que les sels ammoniacaux.

TABLEAU CCXXXVIII. — Composition des aliments donnés aux bœufs en 1881 pour le fumier des expériences de culture (céréales) 1882.

	FARINE de maïs. 1	TOURTEAU de coton décortiqué. 2	TURNEPS. 3
Eau	14.60	7.85	92.43
Huile	3.40	11.17	»
Matières albuminoïdes [1]	9.19	43.25	0.81
Amidon, mucilage, sucre, fibre digestible	69.53	26.21	6.16
Cellulose (fibre indigestible)	1.93	4.17	
Matières minérales (cendres)	1.35	7.35	0.60
	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	1.47	6.92	0.13

Il serait permis d'en conclure que le nitrate de soude employé à haute dose dans les années froides et humides, est moins efficace pour le blé que les sels ammoniacaux quant au rendement en grain, tandis qu'il avantage la production de la paille. De toutes manières, les effets des engrais azotés alternent de façon à nécessiter la continuité d'expériences méthodiques.

C'est sur la parcelle 5 (tableau CCXXXVI), traitée à l'automne par l'engrais minéral et au printemps par les sels ammoniacaux, que le meilleur grain fut obtenu comme poids à l'hectolitre, le rendement étant de 2352 kilogr. à l'hectare, soit de 31.4 hectolitres pesant 74kg,30.

Sur les parcelles 8 et 9 dédoublées, on remarquera que les demi-parcelles traitées uniquement par l'engrais minéral, malgré l'apport

en éléments azotés des cinq années précédentes, sont descendues comme rendement au niveau des parcelles sans engrais. Il n'y avait donc aucun reliquat dans le sol provenant du nitrate et des sels ammoniacaux appliqués antérieurement, et l'apport annuel considérable d'engrais minéral n'avait pas accru le rendement. Quant aux demi-parcelles, traitées en supplément par les sels ammoniacaux et le nitrate à hautes doses, le rendement en grain et en paille a plus que triplé. Il faut dire que de pareilles doses appliquées consécutivement à un sol aussi léger et donnant lieu à de lourdes récoltes depuis cinq ans, ne sont pas pratiques. L'objet, en les appliquant, a été en partie d'épuiser le sol plus promptement que dans les circonstances usuelles, et, en partie, de démontrer qu'elles sont ruineuses.

Sur les parcelles dédoublées, 10 et 11, les demi-parcelles qui n'ont pas reçu de fumier en 1882, ont eu un rendement supérieur aux parcelles 1 et 7, laissées depuis six ans sans engrais, et à celles traitées uniquement par l'engrais minéral. Il paraît donc certain que le fumier des années précédentes a laissé dans le sol un résidu assez faible, mais disponible, et à peu près égal dans la demi-parcelle ayant reçu précédemment 20 000 kilogr. de fumier, et dans celle ayant reçu seulement 10 000 kilogr. Si l'azote à moindre dose, sous forme de nitrate de soude ou de sulfate d'ammoniaque, agit plus puissamment sur le blé qu'à plus forte dose sous forme de fumier, du moins s'épuise-t-il immédiatement dans le premier cas, et dans le second cas il laisse un résidu considérable, mais qui n'est probablement utilisable qu'à la longue.

Septième année 1883. — Après un premier labour, le 29 août 1882, un hersage et un deuxième labour le 13 octobre, on ensemença le 19 du même mois. Le fumier obtenu en boxes, comme les années précédentes, fut répandu le 24 janvier 1883; les engrais minéraux furent distribués à la volée le 16 février, et les engrais azotés en couverture le 13 avril suivant.

Pour le fumier produit par 4 bœufs, entrés en boxes le 11 octobre 1882, et sortis le 4 novembre, après 3 semaines et 3 jours, les données sont les suivantes :

	KILOGR.
Poids vif total des 4 bœufs mis en boxes	2088
— — sortis des boxes	2155
Gain total en poids au bout de 3 semaines et 3 jours	67
Gain moyen en poids par bœuf et par semaine	4k,88 [1]

Aliments consommés pendant 3 semaines et 3 jours :

	KILOGR.	KILOGR.
Tourteau de coton décortiqué	127	2107
Farine de maïs	203	
Turneps en cossettes	1523	
Paille de blé hachée	254	
Consommation de litière		610
Poids du fumier consommé, enlevé le 24 janvier 1883		1700

Le tableau CCXXXIX reproduit la composition des aliments consommés par les bœufs en boxes, pour la fabrication du fumier.

Malgré une saison très variable, avec intermittence de pluies, de gelées et de neiges, et malgré les dommages causés par les larves, en février, d'abord par un temps mou, puis, fin avril, par la pluie, le froment du champ de Stackyard reprit vigoureusement, grâce à la chaleur du mois de juin ; la floraison se fit bien fin juin et en août, les épis étant bien garnis, on moissonna du 18 au 25 août. Le battage s'opéra sur place le 23 octobre suivant, avec les précautions usuelles pour le mesurage et les pesées.

Dans toutes les parcelles, sauf celles traitées par le fumier (tableau CCXXXVI), le rendement en paille fut inférieur à celui obtenu en 1882, et, sauf pour les parcelles 2 et 5, le rendement en grain fut plus élevé. Les résultats semblent indiquer que cette année le nitrate de soude avait été plus efficace que les sels ammoniacaux, quoique l'emploi du superphosphate associé au nitrate, comme dans les années précédentes, ait favorisé son action.

1. Un des bœufs, malade pendant trois jours, ayant refusé toute nourriture, avait perdu 1k,300 en poids.

Pour la parcelle 8, le traitement adopté sur les deux demi-parcelles en 1882, fut interverti en 1883 ; c'est-à-dire, qu'on ajouta les 448 kilogr. de sels ammoniacaux à la demi-parcelle qui n'avait reçu l'année précédente que l'engrais minéral, et *vice versâ* pour

TABLEAU CCXXXIX. — Composition des rations données aux bœufs en 1882 pour le fumier des expériences de culture (céréales) en 1883.

	PAILLE de blé hachée. 1	FARINE de maïs. 2	TOURTEAU de coton décortiqué. 3	TURNEPS. 4
Eau	»	14.29	10.25	92.80
Huile	»	4.46	16.86	»
Matières albuminoïdes [1]	4.81	10.75	40.50	0.77
Amidon, mucilage, sucre, fibre digestible	»	66.24	21.88	5.88
Cellulose (fibre non digestible)	»	1.51	4.41	»
Matières minérales (cendres)	»	2.75	6.10	0.55
		100.00	100.00	100.00
1. Contenant : Azote	0.77	1.72	6.48	0.12

l'autre demi-parcelle. On remarquera que cette addition a augmenté, comme en 1882, de près de 2000 kilogr. à l'hectare le rendement en grain. L'accroissement est également très considérable par le nitrate de soude ajouté à la demi-parcelle 9, traitée l'année précédente par le mélange minéral seul. D'autre part, sur la demi-parcelle n° 8 et la demi-parcelle n° 9, qui n'ont pas reçu cette année d'engrais azotés, le rendement s'est abaissé aux environs de celui des parcelles 1 et 7 restées sans engrais depuis six années.

Les demi-parcelles 10 et 11, traitées jusqu'en 1881 par le fumier et laissées sans engrais, ont montré au contraire que le résidu abandonné dans le sol avait encore profité deux ans après à la récolte.

b. — *Culture continue de l'orge.*

Les expériences de culture continue de l'orge Chevalier dans le champ de Stackyard, ont tellement de points similaires avec celles du froment, que nous serons plus bref à leur sujet, sans craindre d'omettre des faits importants d'observation.

Le tableau CCXL reproduit les résultats obtenus pendant sept années consécutives (1877 à 1883) sur 11 parcelles traitées par les engrais, de la même manière que celles cultivées en froment.

Première année, 1877. — Comme pour le blé, les engrais minéraux n'ont pas augmenté le rendement en orge ; tandis que les sels ammoniacaux et le nitrate de soude employés seuls ont donné une augmentation considérable. Les sels ammoniacaux, seuls ou associés à l'engrais minéral, ont été les plus efficaces ; le nitrate de soude est en effet plus sujet à être entraîné par les eaux de drainage, surtout lorsqu'il est appliqué plus tardivement que les sels ammoniacaux. Quant au fumier, répandu au printemps, au lieu de l'avoir été à l'automne comme pour le froment, il n'a pas eu d'action, bien qu'il contînt 56 kilogr. d'ammoniaque à l'hectare ; pour une teneur double en ammoniaque, il n'a produit, par rapport au rendement moyen des deux parcelles 1 et 7 sans engrais, qu'un excédent de 330 kilogr. de grain.

Deuxième année, 1878. — Le fumier fut répandu le 14 février avant de semer l'orge ; les engrais minéraux et les sels ammoniacaux furent distribués à la volée le 2 mars ; la moisson s'étant faite le 8 août, l'orge fut mise en meule le 19 du même mois et battue le 21 octobre suivant.

Le grain n'eut pas autant à souffrir de la rouille cette année que le froment, bien que l'épi fût généralement peu fourni. Sauf sur la parcelle 9, où la paille se montra abondante, la récolte des autres parcelles ne versa pas.

Les rendements de 1878 concordent avec ceux de l'année précédente ; l'écart est non moins grand entre les deux parcelles 1 et 7 laissées sans engrais; ce qui justifie une certaine prudence, à cause de l'inégalité de production dans une même pièce, quant aux conclusions à tirer des essais.

TABLEAU CCXL. — Expériences sur la culture continue de l'orge : Stackyardfield (Woburn), 1887 à 1883.

		1877.		1878.		1879.		1880.		1881.		1882.		1883.	
		GRAIN vanné.	PAILLE.	GRAIN vanné.	PAILLE.	GRAIN vanné.	PAILLE.	GRAIN vanné.	PAILLE.	GRAIN vanné.	PAILLE.	GRAIN vanné.	PAILLE.	GRAIN vanné	PAILLE.
		kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
1	Sans engrais	1356	1742	1374	2027	1089	1669	1914	2197	1880	2021	1931	2554	1789	2338
2	224 kilogr. sels ammoniacaux	2169	2950	2089	2959	1533	2272	2305	2672	2500	2661	2588	3703	3008	3802
3	358 kilogr. nitrate de soude	1641	2416	1829	2984	1173	2188	2627	3332	2723	3069	2908	3966	3030	4677
4	224 kilogr. sulfate potasse, 112 kilogr. sulfate soude, 112 kilogr. sulfate magnésie et 459k,4 superphosphate.	1109	1428	1350	1946	702	1268	1291	1746	1825	1890	1318	1973	1648	2188
5	224 kilogr. sulfate potasse, 112 kilogr. sulfate soude, 112 kilogr. magnésie et 224 kilogr. sels ammoniacaux.	2386	3201	2075	3646	1674	2705	2968	3400	2560	2885	2903	4249	3150	4078
6	224 kilogr. sulfate potasse, 112 kilogr. sulfate soude, 112 kilogr. sulfate magnésie et 358 kilogr. nitrate de soude	2038	2799	2404	3622	1598	2634	2878	3986	3000	3683	3070	4546	3304	5179
7	Sans engrais	1204	1506	1055	1542	734	1388	1229	1649	1806	1833	1550	2499	1436	1751
8	224 kilogr. sulfate potasse, 112 kilogr. sulfate soude, 112 kilogr. sulfate magnésie, 439k,4 superphosphate et 448 kilogr. sels ammoniacaux. .	3307	4425	2905	4788	1669	2917	2841	3877	2995	3467	2240 3084	3168 6391	3775 2145	4058 2479
9	224 kilogr. sulfate potasse, 112 kilogr. sulfate soude, 112 kilogr. sulfate magnésie, 439k,4 superphosphate et 616 kilogr. nitrate soude	3067	4033	2764	4904	2074	3403	2497	4542	3186	3905	2223 3858	2408 4136	3504 2179	6259 2780
10	Fumier de ferme estimé contenir 56 kilogr. ammoniaque	1229	1397	1228	2067	1064	1639	2081	2494	2528	2948	2345 2394	2439 2964	1957 2284	2210 2878
11	Fumier de ferme estimé contenir 112 kilogr. ammoniaque	1610	1946	1719	2148	1584	1938	2590	2942	2969	3527	2305 2479	2688 2786	2141 3033	3134 4313

Troisième année, 1879. — Le fumier obtenu par 4 bœufs mis en boxes pendant cinq semaines, de la même manière que pour le froment, fut répandu les 25 et 27 janvier. Quant aux sels ammoniacaux, au nitrate et à l'engrais minéral, on les distribua le 8 mars. L'orge ne fut semée que le 18 du même mois. La récolte, faite le 30 août, fut mise en meule le 20 septembre et battue le 19 novembre.

D'après les rendements constatés, on remarquera que l'engrais minéral employé seul est encore resté sans effet et que les sels ammoniacaux ont fourni une récolte plus copieuse que le nitrate de soude, tous deux étant employés isolément, comme dans les deux années précédentes.

Associés à l'engrais minéral, les sels ammoniacaux ont été plus efficaces que le nitrate de soude ajouté de même à l'engrais minéral. Mais à la plus forte dose de 616 kilogr., le nitrate de soude a eu l'avantage par rapport à la dose de 448 kilogr. de sels ammoniacaux.

A raison de 56 kilogr. d'ammoniaque, le fumier de ferme n'a donné aucune augmentation en regard de la parcelle 1 sans engrais ; mais à raison de 112 kilogr., le rendement en grain s'est accru de 500 kilogr. à l'hectare.

Enfin l'écart entre les deux parcelles sans engrais s'est encore plus accusé, à l'avantage de la parcelle 1, que dans les deux années antérieures.

Quatrième année, 1880. — Le sol ayant été préparé au scarificateur, puis à la herse, après la récolte de 1879, on répandit le fumier produit par 4 bœufs mis en boxes, le 20 janvier 1880, les engrais minéraux le 23 janvier et, après un labour le 1er mars, on sema l'orge en lignes le 20 du même mois. Les sels ammoniacaux et le nitrate de soude furent distribués au semoir, en couverture, les 24 et 26 mars.

La récolte leva bien et conserva un bon aspect jusqu'à la moisson qui eut lieu le 17 août. Le battage et les pesées du grain et de la paille se firent le 19 novembre.

L'engrais minéral étant resté inefficace comme précédemment, le nitrate de soude a fourni cette année un rendement plus élevé que les sels ammoniacaux employés seuls.

Associés à l'engrais minéral, les sels ammoniacaux ont donné plus de grain, mais beaucoup moins de paille, que le nitrate de soude en mélange avec l'engrais minéral (parcelles 5 et 6).

Le fumier à moindre dose (parcelle 10) a été plus efficace que dans les trois années précédentes ; tandis qu'à dose double il a donné une forte augmentation (parcelle 11), malgré la mauvaise saison.

Les parcelles sans engrais 1 et 7 ont montré les mêmes différences de rendement, au détriment de la parcelle 7.

D'une manière générale, le sol du champ de Stackyard paraît convenir bien mieux à la culture de l'orge qu'à celle du blé, car dans une année médiocre comme en 1880, la récolte d'orge a été plus satisfaisante qu'en 1879.

Enfin, il importe de remarquer qu'un excès de sels ammoniacaux ou de nitrate de soude, en mélange avec l'engrais minéral (parcelles 8 et 9), a réduit effectivement le rendement en grain, en forçant la production de la paille, par rapport aux doses plus faibles employées dans les parcelles 5 et 6 ; ce qui caractérise les années humides où l'orge mûrit imparfaitement.

Cinquième année, 1881. — La graine d'orge Chevalier fut semée le 11 avril, à raison de 200 litres à l'hectare, et se montra hors de terre le 21 du même mois. Le fumier fourni par 3 bœufs nourris en boxes pendant cinq semaines, avait été répandu le 10 janvier précédent ; l'engrais minéral, le 12 mars ; le nitrate de soude et les sels ammoniacaux, le 2 mai. On coupa l'orge le 1er septembre pour la mettre en meules aussitôt, et le battage s'opéra le 13 octobre.

Les résultats des quatre années précédentes sont confirmés par la récolte de 1881. Les parcelles restées sans engrais se rapprochent sous le rapport du rendement, et l'engrais minéral demeure inefficace. Les sels ammoniacaux (parcelle 2) produisent moins de grain et moins de paille, à égale teneur en azote, que le nitrate de soude (parcelle 3), comme en 1880. L'addition de l'engrais minéral aux sels ammoniacaux et au nitrate de soude est très efficace, surtout pour le nitrate ; mais il importe de remarquer, au point de vue économique, que le nitrate associé à l'engrais minéral et au superphosphate est plus profitable à la plus faible dose, et que dans les années

froides et humides, il produit plus de grain que s'il avait été appliqué à haute dose. C'est la paille surtout qui se développe sous l'influence d'un excès de nitrate, dans les années humides et froides. L'action du fumier (parcelles 10 et 11) s'accentue favorablement eu égard au rendement moyen des deux parcelles sans engrais, par un excédent de 651 et de 1099 kilogr. de grain à l'hectare.

Sixième année, 1882. — Avant l'ensemencement qui eut lieu à la date du 25 mars, on répandit le 26 janvier, sur les parcelles 10 et 11, le fumier produit par 4 bœufs mis en boxes pendant trois semaines; et les engrais minéraux sur les parcelles 4, 5, 6, 8 et 9, le 14 mars. Les sels ammoniacaux et le nitrate de soude, mélangés avec trois fois leur volume de sable sec, furent distribués le 27 avril.

Comme pour le froment, les parcelles 8 et 9, qui avaient reçu pendant cinq années de suite une forte dose de sels ammoniacaux ou de nitrate de soude, en plus de l'engrais minéral, furent partagées chacune en deux parties, et sur une des demi-parcelles seulement 8 *b* et 9 *b*, on appliqua en 1882 les sels d'ammoniaque et le nitrate.

De même, pour les parcelles 10 et 11 traitées par le fumier, on partagea chacune en deux parties, et sur les demi-parcelles 10 *a* et 11 *a* on ne répandit pas de fumier en 1882.

La récolte s'étant faite du 21 au 25 août à cause des pluies, on la mit en meules le 30 août, pour la battre seulement le 15 novembre suivant. Supérieure en qualité à celle de l'année précédente, la récolte fut aussi plus abondante, contrairement à ce qui avait eu lieu pour le blé.

Pour un rendement moyen en grain de 1 740 kilogr. à l'hectare sur les deux parcelles (1 et 7) sans engrais, le nitrate de soude (parcelle 3) a fourni un excédent de 1 168 kilogr. ; et les sels ammoniacaux (parcelle 2) de 848 kilogr. seulement.

Mélangé avec l'engrais minéral, le nitrate de soude a également été plus efficace pour l'orge que les sels ammoniacaux associés à l'engrais minéral, à l'inverse de ce qui a été remarqué pour le froment.

Les demi-parcelles 8 *a* et 9 *a*, grâce au résidu dans le sol, de

nourriture minérale provenant des années antérieures, montrent un excédent de 500 kilogr. et de 488 kilogr. de grain à l'hectare par rapport au rendement moyen des deux parcelles sans engrais. Pour le froment, aucun excédent ne fut constaté dans les mêmes conditions.

Sur les demi-parcelles 8 *b* et 9 *b*, l'addition des sels ammoniacaux et du nitrate a forcé le rendement jusqu'à 1 344 kilogr. et 2 118 kilogr. de grain en excédent, par rapport à la moyenne des deux parcelles témoins.

Le traitement par le fumier des demi-parcelles 10 *b* et 11 *b* a donné une augmentation de grain peu considérable, eu égard aux deux autres demi-parcelles 10 *a* et 11 *a ;* ce qui indique l'existence et l'efficacité de l'apport laissé par le fumier des années antérieures.

De toutes manières, contrairement à ce qui s'était passé en 1881, l'action du fumier sur l'orge, en 1882, a été moins sensible que celle de l'engrais minéral azoté.

Septième année, 1883. — Le sol du champ d'expériences consacré à l'orge fut labouré le 1er septembre 1882 pour la première fois, puis le 16 mars 1883. On sema la graine (*Oakeshott Golden Melon*) à raison de 200 litres à l'hectare, en même temps que l'engrais minéral, au moyen du semoir double, le 31 mars. Les sels ammoniacaux et le nitrate de soude furent distribués en couverture le 25 avril. Quant au fumier provenant de 4 bœufs mis en boxes pour trois semaines et trois jours, il avait été appliqué aux demi-parcelles 10 et 11, dès le 24 janvier, avant le second labour.

Malgré le dommage causé à la récolte par les orages des mois de juillet, le beau temps du mois d'août lui rendit son bon aspect. Après la moisson et la mise en meule qui durèrent du 21 août au 14 septembre, on procéda au battage sur place le 25 octobre. Le rendement constaté excéda la moyenne dans la plupart des parcelles.

Ainsi, après six années de culture sans engrais, le sol des parcelles 1 et 7 accusa un rendement moyen de 161 kilogr. de grain et 2 044 kilogr. de paille à l'hectare.

Les sels ammoniacaux employés seuls (parcelle 2), et le nitrate

de soude, sans mélange d'engrais minéral (parcelle 3), augmentèrent notablement le rendement en grain et en paille par rapport à la moyenne des parcelles sans engrais ; l'avantage restant au nitrate.

Dans la parcelle 4, les engrais minéraux employés seuls furent aussi inefficaces que les années précédentes.

L'addition des sels ammoniacaux (parcelle 5) et du nitrate de soude (parcelle 6), aux engrais minéraux, fit remonter le produit à l'hectare de 142 et 274 kilogr. de grain, par rapport aux parcelles 2 et 3.

Sur les demi-parcelles 8 et 9, comme pour le froment, on fuma avec addition de sels ammoniacaux (8 *a*) et de nitrate de soude (9 *a*) les demi-parcelles qui l'année précédente avaient reçu seulement de l'engrais minéral. La comparaison des rendements des quatre demi-parcelles en 1882 et 1883 est des plus instructives au point de vue de l'excédent qu'a produit dans les deux années consécutives l'addition des engrais azotés.

Dans les parcelles 10 et 11 consacrées au fumier, on peut constater que les demi-parcelles 10 *a* et 11 *a* n'ayant plus reçu de fumier depuis deux ans, ont encore fourni un rendement de 1 957 et 2 141 kilogr. de grain à l'hectare, par suite de l'apport laissé dans le sol par les fumures des années précédentes.

c. — *Assolements.*

L'objet des expériences d'assolement, combinées avec celles de l'engraissement, a été défini plus haut, et le cours des quatre assolements, expérimentés chacun sur 1,62 hectare, a été également indiqué. Nous nous bornerons à exposer les résultats obtenus pour un assolement quadriennal pendant sept années consécutives.

ASSOLEMENT I.

1877. *Rotation 1.* — La pièce de 1,62 hectare, divisée en 4 parcelles et semée en fourrages (trèfle et ray-grass), a servi de parc aux moutons pendant l'été. Sur la 1re parcelle, la consommation des

moutons en tourteau de coton décortiqué s'est élevée à 838 kilogr. à l'hectare ; sur la 2e parcelle, la consommation de farine de maïs a atteint le même poids ; sur les 3e et 4e parcelles, les moutons ont consommé le fourrage sans aliment additionnel. La durée du parcage a été du 10 mai à la fin de juillet, et de fin août à la mi-octobre.

Le tableau CCXLI indique l'augmentation totale de poids vif des moutons parqués, en regard des aliments consommés et de la durée du parcage sur chaque parcelle.

TABLEAU CCXLI. — Assolement I, rotation n° 1, 1877. Fourrages (trèfle et ray-grass).

NUMÉROS des parcelles.		Augmentation de poids vif.
		kil.
1	Parquée par 10 moutons pendant 15 semaines, avec supplément de 827 kil. à l'hectare de tourteau de coton décortiqué	137,38
2	Parquée par 10 moutons pendant 15 semaines, avec supplément de 827 kil. à l'hectare de farine de maïs.	124,69
3	Parquée par 10 moutons, sans ration supplémentaire, pendant 14,5 semaines.	97,05
4	Parquée par 10 moutons, sans ration supplémentaire, pendant 13,5 semaines.	95,00

Si l'on déduit l'augmentation de poids vif, due au fourrage, de celle attribuable aux aliments artificiels, donnés comme supplément au fourrage, on trouve que le tourteau de coton a fourni un excédent de $41^k,35$ et la farine de maïs de $28^k,65$. Le nombre de moutons mis en expérience est toutefois trop faible pour que cette conclusion puisse être regardée comme définitive.

1878. *Rotation 2.* — Les parcelles 1 et 2, où avaient parqué l'année précédente des moutons, qui avaient consommé un supplément d'aliments artificiels, ne reçurent aucun engrais en 1878 ; tandis que les parcelles 3 et 4 furent traitées par un engrais contenant autant d'azote et d'éléments minéraux que le tourteau de coton et la

farine de maïs en renfermaient. C'est ainsi que la parcelle 3 reçut un mélange, calculé à l'hectare, de 307k,75 de nitrate de soude, 81k,80 de superphosphate d'os, 51 kilogr. de sulfate de potasse et 53k,25 de sulfate de magnésie, correspondant à l'engrais de 838 kilogr. de tourteau de coton décortiqué ; tandis que la parcelle 4 reçut un mélange de 65k,30 de nitrate de soude, 12k,60 de superphosphate d'os, 5k,60 de sulfate de potasse et 9 kilogr. de sulfate de magnésie, correspondant à l'engrais laissé par 838 kilogr. de farine de maïs.

Le froment, de la variété Browick cultivée dans le district de Woburn, fut semé le 6 novembre 1877 et couvert par les engrais sur les parcelles 3 et 4, au 9 mars 1878. La moisson se fit le 11 août et le battage, le 15 octobre de la même année.

Les résultats consignés au tableau CCXLII indiquent une bonne récolte pour toutes les parcelles, et une récolte à peu près égale,

TABLEAU CCXLII. — Assolement I, rotation n° 2, 1878. Froment.

NUMÉROS des parcelles.		GRAIN VANNÉ PAR HECTARE. 1er CHOIX. Poids.	Hectol.	Poids de l'hectol.	2e CHOIX. Poids.	Hectol.	Poids de l'hectol.	PAILLE, etc., par hectare.
		kil.		kil.	kil.		kil.	kil.
1	Fourrages parqués par moutons ayant consommé 838 kil. à l'hectare de tourteau de coton décortiqué. . . .	2 520	33,5	75,16	208	3,3	61,41	5 488
2	Fourrages parqués par moutons ayant consommé 838 kil. à l'hectare de farine de maïs.	2 603	34,5	75,48	286	4,6	62,06	5 079
3	Fourrages parqués par moutons sans ration supplémentaire; fumé en couverture au printemps [1]	3 139	41,6	75,48	131	3,8	59,88	7 373
4	Fourrages parqués par moutons sans ration complémentaire; fumé en couverture au printemps [2].	2 491	33,0	76,40	165	2,8	58,30	6 250

1. Engrais composé, équivalent à 838 kil. par hectare de tourteau de coton décortiqué.
2. Engrais composé, équivalent à 838 kil. par hectare de farine de maïs.

sauf dans la parcelle 3, où déjà en juin elle paraissait devoir être supérieure.

Le contraste qu'offraient en 1878 le froment cultivé en assolement et celui cultivé d'une manière continue, était frappant.

1879. *Rotation 3.* — Le fumier, préparé avec moins de litière dans les boxes et de la litière hachée, était court et bien consommé. On l'appliqua aux quatre parcelles, de même que l'engrais minéral additionnel aux deux parcelles 3 et 4, avant de semer les betteraves mangolds.

La graine des mangolds, plantée dans la première semaine du mois de mai, leva bien ; mais en raison du froid pendant les mois de mai et de juin, les plants firent peu de progrès et restèrent très faibles, faute de soleil et de chaleur jusqu'en novembre. Le tableau CCXLIII indique des résultats, qui sont bien inférieurs à ceux obtenus en 1878 dans l'assolement II.

TABLEAU CCXLIII. — Assolement I. Rotation n° 3, 1879.
Betteraves mangolds.

NUMÉROS des parcelles.	ENGRAIS DISTRIBUÉ PAR PARCELLE.	PRODUIT A L'HECTARE	
		Racines.	Feuilles.
		kil.	kil.
1	Fumier obtenu à l'aide de 783^{k},5 de paille comme litière, 2267 kil. mangolds, 567 kil. paille de blé hachée et 453 kil. tourteau de coton décortiqué	11 339	5 320
2	Fumier obtenu à l'aide de 783^{k},5 de paille comme litière, 2267 kil. mangolds, 567 kil. paille de blé hachée et 453 kil. farine de maïs	11 287	5 166
3	Fumier obtenu à l'aide de 783^{k},5 de paille comme litière, 2267 kil. mangolds, 567 kil. paille de blé hachée, auquel on a ajouté comme engrais artificiel l'équivalent de 463 kil. tourteau de coton décortiqué soit $^{2}/_{3}$ azote = 112^{k},5 nitrate de soude, et 45^{k},3 cendres d'os (superphosphate), 28^{k},3 sulfate de potasse, 29^{k},5 sulfate de magnésie	19 990	7 447
4	Fumier obtenu comme au n° 3, auquel on a ajouté comme engrais artificiel l'équivalent de 453 kil. de farine de maïs, soit 36^{k},27 nitrate de soude, 7^{k},35 cendres d'os (superphosphate), 3^{k},17 sulfate de potasse et 5 kil. sulfate de magnésie.	14 556	5 492

Les parcelles 1 et 2 ayant eu le même rendement à peu près, c'est la parcelle 3, avec la plus forte dose de nitrate de soude dans l'engrais complémentaire, qui offre le rendement le plus élevé ; il est supérieur de 8 677 kilogr. à la moyenne des deux premières parcelles, tandis que l'excédent pour la parcelle 4 est seulement de 3 243 kilogr. de racines à l'hectare.

1880. *Rotation 4.* — Les betteraves de l'année précédente furent consommées sur place par les moutons le 13 février 1880, et la pièce fut labourée le 1er avril suivant. On sema l'orge en lignes le 8 août, et entre les lignes, on sema du trèfle le 10 mai.

Les parcelles 1, 2 et 4 ne reçurent aucun engrais pour l'orge, mais, sur la parcelle 3, on ajouta en couverture le 3 juin du nitrate de soude, à raison de 139 kilogr. à l'hectare, correspondant à un tiers de l'azote contenu dans l'engrais que fournissent 1 120 kilogr. de tourteau de coton décortiqué.

On fit la moisson le 8 septembre et le battage les 5 et 6 novembre. Les résultats des pesées et du mesurage du grain et de la paille figurent dans le tableau CCXLIV.

TABLEAU CCXLIV. — Assolement I, rotation n° 4, 1880. Orge.

NUMÉROS des parcelles.		GRAIN VANNÉ PAR HECTARE.						PAILLE, etc., par hectare.
		1er CHOIX.			2e CHOIX.			
		Poids.	Hectol.	Poids de l'hectol.	Poids.	Hectol.	Poids de l'hectol.	
		kil.		kil.	kil.		kil	kil.
1	Sans engrais artificiel (tourteau de coton).	2409	37,10	64,8	29,14	»	»	3178
2	Sans engrais artificiel (farine de maïs)	2098	32,10	65,4	51,55	90,04	46,14	3070
3	Avec engrais contenant un tiers d'azote de la fumure produite par 453 kil. de tourteau de coton, soit, pour la parcelle : 56k,22 nitrate de soude.	2319	36,82	63,6	26,06	»	»	3137
4	Sans engrais artificiel. . . .	1918	30,00	64,8	25,22	»	»	2610

Autant qu'on pouvait juger de la récolte par l'aspect, celle de la parcelle 1 parut conserver l'avantage pendant toute la croissance. Quant à la parcelle 3, fumée avec le nitrate de soude, elle fournit moins de grain et du grain d'un poids moindre à l'hectolitre que la parcelle 1 ; mais plus de paille. Si la saison avait été plus chaude vers la moisson, il est probable que la parcelle 3 eût donné un rendement supérieur en grain ; tandis que par une saison froide et humide le nitrate a poussé à la paille.

1881. *Rotation n° 1* bis. — Le trèfle (*white Dutch*) semé en 1880, entre les lignes d'orge, étant très bien venu, passa l'hiver dans de bonnes conditions et fournit une abondante récolte au printemps de 1881. Chacune des quatre parcelles reçut le 23 mai 10 moutons, le trèfle étant en pleine floraison. Sur la parcelle 1, les moutons consommèrent comme aliment supplémentaire 304^{k},7 de tourteau de coton décortiqué et sur la parcelle 2, 330 kilogr. de farine de maïs. Pesés le 23 mai avant d'être parqués, et le 16 juin après avoir été tondus, les moutons, qui avaient de l'eau à discrétion dans le champ, ont donné comme augmentation de poids les résultats consignés dans le tableau CCXLV.

On remarquera (colonne I) que, sur les parcelles 1 et 2, les moutons ont augmenté du même poids, mais moins que sur les parcelles 3 et 4 ; ce qui semble indiquer que dans la condition où était le trèfle en juin, les animaux en ont tiré plus de profit que des aliments artificiels. Dans la colonne VIII est rapporté le poids de la laine recueillie par la tonte le 16 juin pour chaque lot de 10 moutons. Parqués de nouveau, après avoir été tondus, les moutons des parcelles 1 et 2 ont continué à augmenter de poids, mais ceux des parcelles 3 et 4 ont diminué ; ce qui doit s'attribuer, d'une part, à ce que le trèfle, au fur et à mesure de l'avancement de la saison, était devenu plus dur et moins succulent, et, d'autre part, à ce qu'il était trop piétiné. Les résultats du deuxième parcage sont rapportés dans la colonne II. Mis une troisième fois en parc, du 2 au 26 juillet, pendant 24 jours, les moutons des parcelles 1 et 2 profitèrent plus que ceux des deux autres parcelles où le trèfle était trop court. L'augmentation de poids n'en a pas moins été constatée pour les moutons des quatre parcelles (colonne III). Enfin les moutons des

TABLEAU CCXLV. — Assolement I. Rotation n° 1 *bis*, 1881. Fourrage (trèfle blanc).

NUMÉROS DES PARCELLES.		DIFFÉRENCES DANS LE POIDS VIF (SANS LAINE).							POIDS de la tonte le 16 juin.
		1er parcage 23 mai au 16 juin.	2e parcage 16 juin au 1er juillet.	3e parcage 2 au 26 juillet.	4e PARCAGE 14 sept. au 5 oct.	4e PARCAGE 14 sept. au 1[illegible] oct.	AUGMENTATION totale.	AUGMENTATION totale.	
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
	Durée du parcage	24 jours.	14 jours.	24 jours.	21 jours.	17 jours.	83 jours.	71 jours.	
		kil.	kil	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
1.	Parquée par 10 moutons, chaque mouton recevant d'abord 226 gr. de tourteau de coton par jour puis à volonté dans le 4e parcage	+ 45.23	+ 34.11	+ 82.86	+ 31.46	»	+ 191.66 [1]	»	29.70
2.	Parquée par 10 moutons, chaque mouton recevant d'abord 226 gr. de farine de maïs par jour, puis à volonté dans le 4 parcage	+ 45.12	+ 29.47	+ 62.57	+ 22.10	»	+ 159.26 [2]	»	31.28
3.	Parquée par 10 moutons sans alimentation supplémentaire.	+ 57.02	— 6.35	+ 29.92	»	— 20.18	»	+ 60.41	30.83
4.	Parquée par 10 moutons sans alimentation supplémentaire.	+ 57.47	— 1.65	+ 40.35	»	— 18.70	»	+ 77.47	30.60

1. Consommation totale de tourteau de coton décortiqué = 304k,70.
2. Consommation totale de farine de maïs = 330 kil.

parcelles 1 et 2 furent parqués une dernière fois sur trèfle, avec aliments supplémentaires, du 14 septembre au 5 octobre, pendant 21 jours, et ceux des parcelles 3 et 4, du 14 septembre au 1er octobre seulement, pendant 17 jours, sans aliments supplémentaires. Les animaux des deux premiers lots augmentèrent encore en poids, tandis que ceux des derniers lots diminuèrent sensiblement.

Quoique ces expériences n'eussent pas pour objet de rechercher le meilleur mode d'engraissement des moutons à l'aide du trèfle, elles donnent lieu à des observations intéressantes. Ainsi, comme le montrent les pesées périodiques des animaux, il est hors de doute qu'on ne tire aucun profit d'un parcage trop prolongé, lorsque le fourrage est peu abondant; le tourteau de coton décortiqué a une supériorité marquée sur le maïs comme aliment pour les moutons, quand il leur est fourni à une dose convenable ; mais encore faut-il que l'eau fraîche soit toujours disponible. En outre, il y a lieu de remarquer que, consommé sur place, le tourteau, qui enrichit le sol, couvre bien au delà les frais d'achat par l'accroissement de viande qu'il procure.

TABLEAU CCXLVI. — Assolement I. Rotation n° 2 *bis*. 1882. Froment.

NUMÉROS DES PARCELLES.		GRAIN VANNÉ PAR HECTARE.						PAILLE par hectare.
		1er choix.			2e choix.			
		Poids.	Hectol.	Poids de l'hect.	Poids.	Hectol.	Poids de l'hect.	
		kil.		kil.	kil.		kil.	kil.
1.	Trèfle parqué par moutons ayant consommé 304,7 kilogr. tourteau de coton décortiqué . . .	2801	36,56	76,4	132	1,90	68,7	6394
2.	Trèfle parqué par moutons ayant consommé 330 kilogr. farine de maïs.	2831	37,28	75,9	109	1,62	66,1	6297
3.	Trèfle parqué par moutons sans ration additionnelle, fumé en couverture au printemps[1]. . .	2615	34,76	75,1	232	3,32	68,3	7102
4.	Trèfle parqué par moutons sans ration additionnelle, fumé en couverture au printemps[2]. . .	3010	40,20	74,8	84	1,26	63,6	7218

1. Engrais composé (azote, potasse, acide phosphorique, etc.), équivalent à 304k,7 tourteau.
2 Engrais composé (azote, potasse, acide phosphorique, etc.), équivalent à 30 kilogr. farine.

TABLEAU CCXLVII. — Assolement I, rotation nº 3 *bis*. 1883. — Préparation du fumier pour navets de Suède.

DURÉE DE LA TENUE EN BOXES = 59 jours.	PAILLE DE BLÉ hachée comme litière.	ALIMENTATION normale.	ALIMENTATION additionnelle.	POIDS à l'entrée en boxes.	POIDS à la sortie des boxes.	GAIN OU PERTE de poids vif.
	kil.			kil.	kil.	kil.
2 bœufs nos 1 et 2 préparant le fumier pour la parcelle 1	852	2267k mangold 567k paille	418k tourteau	1031	1071	+ 40
2 bœufs nos 7 et 8 préparant le fumier pour la parcelle 2	852	2267k mangold 567k paille	453k de farine de maïs	1065	1138	+ 73
2 bœufs nos 3 et 4 préparant le fumier pour la parcelle 3	852	2267k mangold 567k paille	» »	984	969	— 15
2 bœufs nos 5 et 6 préparant le fumier pour la parcelle 4	852	2267k mangold 567k paille	» »	935	955	+ 20

1882. *Rotation n° 2* bis. — Le trèfle ayant été défoncé dès le 7 octobre 1881, on donna un labour pour ensemencer le 23 du mois en blé Browick, à raison de 180 litres à l'hectare. Les engrais minéraux pour les parcelles 3 et 4 furent appliqués le 28 janvier 1882, et le nitrate de soude, le 25 avril suivant.

La germination s'étant convenablement opérée, le froment passa bien l'hiver et végéta vigoureusement jusqu'à la mi-juin sur toutes les parcelles, l'avantage restant apparemment à la parcelle 3 traitée au nitrate, mais l'été, pluvieux à l'excès, compromit la récolte.

La coupe eut lieu le 14 août et le battage le 25 octobre ; les résultats figurent dans le tableau CCXLVI.

La qualité du froment des parcelles 1 et 2 se montra supérieure à celle obtenue sur les deux autres parcelles. Le nitrate de soude, dans la parcelle 3, paraît avoir plutôt nui au rendement en grain. La paille, en revanche, est plus abondante sur les parcelles 3 et 4 qui ont reçu l'engrais minéral et le nitrate de soude.

1883. *Rotation n° 3* bis. — La pièce ayant été labourée une première fois le 4 septembre 1882, on fit préparer le fumier nécessaire pour la culture des rutabagas par 8 bœufs, mis en boxes le 21 novembre et sortis le 19 janvier de l'année suivante, après 8 semaines et 3 jours. Le tableau CCXLVII indique le gain ou la perte en poids vif, pour une alimentation déterminée, des 8 bœufs mis en boxes. Ce sont les bœufs nourris avec de la farine de maïs qui ont profité le plus. Le 24 mars, on enfouit le fumier par un labour ; le 3 avril, on donna un coup de herse. Le 24 mai, après avoir répandu les engrais minéraux sur les parcelles 3 et 4, on planta la graine de rutabagas à raison de $3^k,360$ par hectare. La variété choisie était le *Gibb's purple top* (tête rouge). On donna deux façons à la houe en juin et on distribua le nitrate de soude autour de chaque plant le 7 juillet. Le mois suivant, l'aspect général de la récolte était satisfaisant. Sur les parcelles 3 et 4 traitées par le nitrate de soude, les racines étaient à têtes multiples, mais la parcelle 1 traitée par le fumier du tourteau de coton offrait la meilleure apparence. Les résultats de la récolte opérée le 24 novembre figurent dans le tableau CCXLVIII.

TABLEAU CCXLVIII. — Assolement I. Rotation n° 3 *bis*. 1883.
Navets de Suède.

NUMÉROS des parcelles.		RENDEMENT A L'HECTARE. Racines.	Têtes et feuilles.
		kil.	kil.
1.	Fumier préparé comme au tableau CCXLVII (tourteau de coton)	50277	7949
2.	Fumier préparé comme au tableau CCXLVII (farine de maïs).	50732	7517
3.	Fumier préparé comme au tableau CCXLVII, plus engrais artificiel correspondant à 418 kilogr. de tourteau, soit à l'hectare : 278 kil. nitrate de soude, 112 kil. cendres d'os (superphosphate), 70 kil. sulfate de potasse et 72k,8 sulfate de magnésie	58623	7689
3.	Fumier préparé comme au tableau CCXLVII, plus engrais artificiel correspondant à 418 kil. farine de maïs, soit à l'hectare : 90 kil. nitrate de soude ; 18k,2 cendres d'os (superphosphate), 7k,84 sulfate de potasse et 12k,3 sulfate de magnésie	51884	7102

Les expériences sur l'assolement I s'arrêtent à l'année 1883, comme celles sur les assolements II, III et IV, dont nous croyons superflu de référer les résultats, puisqu'ils n'ont donné lieu à aucune conclusion pratique. Poursuivies par M. Vœlcker fils, les expériences d'assolement et d'engraissement, aussi bien que les essais de culture continue du blé et de l'orge, ne pourront être utilisées qu'après un certain nombre d'années, lorsque les faits permettront de vérifier la loi d'enrichissement du sol de Woburn, soumis aux cultures que le programme de Vœlcker avait fixées. Il nous reste à exposer les expériences d'engraissement qui ont été instituées spécialement pour déterminer la valeur comparative de divers aliments sur les bœufs et les moutons.

2. — Expériences d'engraissement.

a. — *Engraissement des bœufs.*

1er *Essai* (1878-1879). — Les huit bœufs de la race Hereford qui avaient été mis en boxes le 3 octobre 1878 pour fabriquer le fumier nécessaire aux essais de culture continue du froment et de l'orge, et sortis le 9 novembre, ayant été trouvés en excellente condition, Vœlcker jugea utile de les soumettre à une expérience d'engraissement comparatif à l'aide du tourteau de graine de lin d'une part, et d'un mélange de tourteau de coton décortiqué avec de la farine de maïs, d'autre part[1].

La composition des trois rations est donnée dans le tableau CCXLIX ; l'accroissement en poids des bœufs soumis à la même ration de turneps, de navets de Suède et de paille de blé hachée, avec addition, pour 4 bœufs, de tourteau de lin, et pour 4 autres,

TABLEAU CCXLIX. — Composition des aliments complémentaires fournis aux bœufs soumis à l'engraissement (Essai I).

	TOURTEAU de coton décortiqué.	TOURTEAU de lin américain.	FARINE de maïs.
Humidité	8.58	10.89	15.01
Huile	14.86	9.86	1.88
Composés albuminoïdes [1]	43.06	29.87	8.60
Mucilage, sucre et fibre digestible	16.32	34.33	71.20 (Amidon).
Fibre ligneuse (cellulose)	9.60	8.25	1.56
Matières minérales (cendres)	7.58	6.80	1.75
	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	6.89	4.78	1.37

1. *Journ. Roy. Soc. of England,* vol. XVI, part. 1, 2e série. 1880.

d'un mélange de tourteau de coton et de farine de maïs, a été relevé (tableau CCL) pour les époques auxquelles les pesées successives ont été faites, jusqu'à la date où les bœufs furent livrés à la boucherie. Chaque lot de 4 bœufs ayant été pourvu comme litière de 1,900 kilogr. de paille de froment hachée, la consommation, du 9 novembre 1878 au 17 janvier 1879, en aliments, s'est élevée :

Pour le premier lot, à :

KILOGR.	
852	paille de blé hachée ;
508	turneps blancs ;
4443	navets de Suède ;
963	tourteau de coton décortiqué à 193 fr. 75 c. les 1 000 kilogr. ;
987	farine de maïs, à 165 fr. 60 c. les 1 000 kilogr.

Pour le deuxième lot, à :

KILOGR.	
852	paille de blé hachée ;
508	turneps blancs ;
4443	navets de Suède ;
1742	tourteau de graine de lin, à 237 fr. 50 c. les 1 000 kilogr.

Au bout de 70 jours, la différence de gain de poids vif entre les deux lots de bœufs étant seulement de 2 kilogr., on peut dire que le mélange de tourteau de coton et de farine de maïs coûtant 344 fr. a avantageusement remplacé le tourteau de lin qui avait coûté 412 fr. Dans le cas du mélange, le coût moyen par kilogramme de poids vif excédant, rapporté au prix de la ration complémentaire, a été de 1 fr. 27 c., et dans le cas du tourteau de lin, de 1 fr. 47 c. — Parmi les 8 bœufs mis en boxes, les nos 2 et 5, comme le montre le tableau CCL, ont plus profité que les autres, sous le rapport de l'augmentation de poids et du prix de revient.

2e *Essai* (1880). — Le même genre d'essai a été renouvelé en 1880 à la ferme Crawley Mill (Woburn) sur 6 bœufs répartis en deux lots de 3 bœufs chacun, qui avaient servi à la préparation du fumier pour les betteraves mangolds.

TABLEAU CCL. — Essais comparatifs d'engraissement des bœufs. Essai I (1878-1879).

	PESÉES			GAIN TOTAL en poids vif.	ALIMENTS ADDITIONNELS.	
	du 9 novembre 1878.	du 17 décembre 1878.	du 17 janvier 1879.		Coût par bœuf.	Coût par kilogr. de poids vif excédant.
	kil.	kil.	kil.	kil.	fr.	fr.
Premier lot de 4 bœufs nourris avec mélange de tourteau de coton et de farine de maïs (additionnellement).						
Nos 1	480	520	554	74	86	1.16
2	484	547	591.5	107.5	86	0.80
3	546	567	598	52	86	1.65
4	496	524	552.5	56.5	86	1.50
						Moyenne.
Totaux pour 4 bœufs	2006	2158	2296.0	290.0	344	1.27
Deuxième lot de 4 bœufs nourris avec du tourteau de lin (additionnellement).						
Nos 5	516	565	601	85	103	1.20
6	515	552	592	77	103	1.33
7	489	508	541	52	103	2.00
8	542	570	616	74	103	1.37
						Moyenne.
Totaux pour 4 bœufs	2062	2195	2350	288	412	1.47

Les animaux, mis en boxes le 14 janvier 1880, furent retirés le 16 mars comme propres à la boucherie. Pendant les 9 semaines d'engraissement, les deux lots reçurent la même quantité de betteraves en tranches, de foin et de paille hachée comme ration normale; le lot 1 reçut en outre du tourteau de coton décortiqué, mélangé avec de la farine de maïs, et le lot 2, du tourteau de graine de lin. La consommation pour les deux lots, pendant la période de 9 semaines, est indiquée ci-après :

	1er LOT.	2e LOT.
	Kilogr.	Kilogr.
Foin haché	457	457
Paille de blé hachée	235	235
Betteraves mangolds	1714	1714
Tourteau de coton décortiqué (au prix de 209 fr. 35 c. les 1 000 kilogr.)	660	»
Farine de maïs (au prix de 193 fr. 75 c. les 1 000 kilogr.)	660	»
Tourteau de graine de lin (au prix de 281 fr. 25 c. les 1 000 kilogr.)	»	1320

Dans le tableau CCLI figurent les résultats des pesées, l'augmentation de poids vif et le coût de l'excédent de poids obtenu, par rapport à celui de la ration additionnelle, pour chaque animal et pour chacun des lots comparés. Il s'ensuit que le lot des 3 bœufs nourris avec le mélange de tourteau de coton et de farine de maïs a augmenté, en 9 semaines, de 41 kilogr. de plus que le lot des 3 bœufs nourris avec le tourteau de lin, et que l'augmentation moyenne par jour pour le premier lot a été de $3^k,54$, tandis que pour le second elle est restée seulement de $2^k,89$. Non seulement l'accroissement pour le premier lot a été plus considérable, mais il a coûté moins cher, car, d'après le prix de la ration supplémentaire, la dépense moyenne a été par bœuf, pour 1 kilogr. d'excédent de poids vif, de 1 fr. 17 c., tandis que par bœuf du deuxième lot, elle a atteint 2 fr. 02 c. La différence en argent pour la ration supplémentaire dans les deux cas a été de 103 fr. 53 c. à l'avantage du mélange de tourteau de coton et de farine de maïs[1].

1. *Further experiments on the comparative value of linseed cake, etc., for fattening bullocks. Journ. Roy. Agric. Soc. of England,* vol. XVII, part. 2, 2e série. 1881.

3e *Essai* (1880-1881). — Un troisième essai fut renouvelé, dans le même but que les précédents, sur 6 bœufs ayant servi à préparer le fumier pour les parcelles soumises à la culture continue du froment et de l'orge. Entrés en boxes le 26 novembre 1880, les 6 bœufs répartis en deux lots de 3 bœufs chacun, restèrent 9 semaines à l'engrais, jusqu'au 21 janvier 1881.

TABLEAU CCLI. — Essais comparatifs d'engraissement des bœufs. Essai II (1880).

	PESÉES		GAIN en poids vif.	ALIMENTS ADDITIONNELS	
	du 14 janvier 1880.	du 17 mars 1880.		Coût par bœuf.	Coût par kilogr. de poids vif excédant.
	kil.	kil.	kil.	fr.	fr.
Premier lot de 3 bœufs nourris additionnellement avec du tourteau de coton et de la farine de maïs.					
No 1	483	559	76	87,35	1.15
No 2	502	579	77	87,35	1.13
No 3	496	566	70	87,35	1.25
Totaux pour 3 bœufs	1,481	1,704	223	262,05	moyenne 1.17
Deuxième lot de 3 bœufs nourris additionnellement avec du tourteau de lin.					
No 4	464	528	64	121,86	1.90
No 5	506	572	66	121,86	1.83
No 6	462	514	52	121,86	2.33
Totaux pour 3 bœufs	1,432	1,614	182	365,58	moyenne 2.02

Outre une ration journalière de 18 kilogr. de betteraves mangolds en tranches et de $3^k,40$ de foin, chaque bœuf du lot 1 put manger à volonté du tourteau de coton décortiqué, mêlé à de la farine de maïs, et chaque bœuf du lot 2, de la farine de maïs, également *ad libitum*. Au bout d'une semaine, chacun des bœufs du lot 1 avait consommé journellement environ $2^k,25$ de tourteau de coton et $2^k,25$ de farine de maïs, et chacun des bœufs du lot 2, $4^k,50$ de

tourteau de lin. La consommation quotidienne augmentant, les bœufs du lot 1, après 4 semaines et demie, mangeaient par jour 5 kilogr. de tourteau de coton mélangé avec 5 kilogr. de farine de maïs, et ceux du lot 2, 7k,25 de tourteau de lin. Les consommations totales ont été les suivantes :

	PENDANT 4 1/2 semaines.		PENDANT 9 semaines.	
	1er lot.	2e lot.	1er lot.	2e lot.
Foin et foin haché	308	308	530	530
Betteraves mangolds	1726	1726	3212	3212
Tourteau de coton (209 fr. 35 c. les 1 000 kilogr.)	453	»	812	»
Farine de maïs (193 fr. 75 c. les 1 000 kilogr.)	453	»	812	»
Tourteau de lin (262 fr. 50 c. les 1 000 kilogr.)	»	774	»	1472
	2940	2808	5366	5214

Dans le tableau CCLII sont reproduites les analyses des aliments complémentaires fournis aux animaux ; et dans le tableau CCLIII, les pesées faites à trois dates différentes, ainsi que l'augmentation du

TABLEAU CCLII. — Composition des aliments complémentaires fournis aux bœufs soumis à l'engraissement (Essai III).

	TOURTEAU de coton décortiqué.	TOURTEAU de lin.	FARINE de maïs.
Humidité	7.16	14.90	13.99
Huile	16.23	10.90	3.01
Composés albuminoïdes[1]	39.44	24.56	9.38
Mucilage, sucre et fibre digestible	24.46	31.97	69.76 (Amidon).
Fibre ligneuse (cellulose)	6.30	11.47	2.21
Matières minérales (cendres)	6.41	6.20	1.65
	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	6.31	3.93	1.50

poids vif après 9 semaines, et la dépense correspondant à 1 kilogr. d'excédent[1].

TABLEAU CCLIII. — Essais comparatifs d'engraissement des bœufs. Essai III (1880-1881).

	PESÉES			GAIN total en poids vif.	ALIMENTS additionnels.	
	du 26 nov. 1880.	du 28 déc. 1880.	du 21 janv. 1881.		Coût par bœuf.	Coût par kilogr. de poids vif excédant.
	kil.	kil.	kil.	kil.	fr.	fr.
Premier lot de 3 bœufs nourris additionnellement avec du tourteau de coton et de la farine de maïs :						
N° 1	644	698	718	74	107,50	1,45
N° 2	641	692	719	78	107,50	1,37
N° 3	614	655	685	71	107,50	1,51
Totaux pour les 3 bœufs	1899	2045	2122	223	322,50	1,44 Moyenne.
Deuxième lot de 3 bœufs nourris additionnellement avec du tourteau de lin :						
N° 4	579	597	618	39	133,33	3,41
N° 5	663	708	722	59	133,33	2,26
N° 6	665	695	707	42	133,33	3,17
Totaux pour les 3 bœufs	1907	2000	2047	140	400,00	2,90 Moyenne.

Il ressort de ce dernier tableau qu'au bout des 9 semaines, le premier lot de 3 bœufs nourris additionnellement avec le mélange de tourteau de coton et de farine de maïs avait gagné 223 kilogr. en poids vif, correspondant à une dépense en aliments supplémentaires de 322 fr. 50 c., soit en moyenne 1 fr. 44 c. par kilogramme excédant, tandis que le lot de 3 bœufs nourris à l'aide du tourteau de lin avait gagné seulement 140 kilogr., représentant une dépense totale de 400 fr., soit en moyenne 2 fr. 90 c. par kilogramme excédant.

1. *Journ. Roy. Agric. Soc. of England,* vol. XVII, part. 2, 2e série. 1881.

b. — *Engraissement des moutons.*

Les expériences instituées à la ferme de Crawley (Woburn), sur l'engraissement des moutons, avaient pour objet de comparer la valeur nutritive et d'engraissement de l'orge et du malt, comme aliment complémentaire des racines, de la paille et du foin hachés, avec une faible ration de tourteau de lin et de farine de pois[1].

On choisit 30 moutons, âgés de 10 mois, et on en fit trois lots que l'on parqua dans le champ *Hillfield,* à sol sablonneux léger, couvert en 1882 d'une vigoureuse récolte de rutabagas.

Chacun des lots put manger *ad libitum* des rutabagas coupés en tranches, en même temps que de la paille et du foin coupés et mélangés en égales proportions.

Les moutons étant jeunes, il fut jugé prudent de ne pas trop forcer la ration au début et de les nourrir sans arrêt. Aussi, pendant les 8 premières semaines, on se borna à leur donner, par tête et par jour, 115 grammes de tourteau de lin. En dehors de cette ration de tourteau attribuée à chaque tête, on distribua aux 10 moutons du lot 1, 115 grammes de farine d'orge; aux 10 moutons du lot 2, le malt et le poussier de malt provenant de la même orge, à raison de 115 grammes également; et aux 10 moutons du lot 3, 115 grammes par tête, de farine de pois.

L'orge fut maltée aux environs mêmes de Woburn, et l'on constata que 406 kilogr. d'orge avaient donné 330 kilogr. de malt et de poussier, correspondant à une perte de 16 p. 100 environ du poids de l'orge. En d'autres termes, 100 d'orge étaient représentés par 84 de malt. Le tableau CCLIV reproduit la composition de l'orge moulue, du malt et du poussier également moulus, du tourteau de lin et de la farine de pois.

Il y a lieu de remarquer que le malt, au sortir des chambres, renfermait seulement 4.5 p. 100 d'humidité, mais par l'exposition à l'air et la mouture, il avait absorbé 5 p. 100 d'humidité en plus. Le

1. *Report of feeding experiments on Sheeps, etc. Journ. Roy. Agric. Soc. of England,* vol. XIX, part. 2, 2e série. 1883.

malt renferme beaucoup plus de sucre et un peu plus d'azote que l'orge. Le poussier de malt, très riche en matières organiques azotées, contient beaucoup plus de matières minérales, entre autres, d'acide phosphorique, que l'orge et le malt. Vœlcker estime que dans la perte subie par l'orge dans le maltage, s'élevant à environ 20 p. 100, il y a 5 p. 100 de matière sèche, principalement carbonée, qui se dissipe à l'état d'acide carbonique pendant la germination.

TABLEAU CCLIV. — Composition des aliments fournis aux moutons à l'engraissement (1882-1883).

	FARINE d'orge.	FARINE de malt.	FARINE de poussier de malt.	TOURTEAU de lin.	FARINE de pois secs.
Humidité	18.10	9.35	10.51	11.05	13.70
Huile	1.67	1.97	0.77	12.03	1.43
Composés albuminoïdes [1]	9.56	11.37	24.41	35.12	22.69
Sucre	63.69	13.85	47.19	22.86	52.96
Dextrine, amidon, mucilage, fibre digestible		54.42			
Fibre non digestible (cellulose)	4.73	5.53	10.28	10.73	5.57
Matières minérales (cendres) [2]	2.55	3.51	6.84	8.21	3.65
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant : Azote	1.55	1.82	3.88	5.62	3.63
2. Contenant : Sable et silice	0.55	1.45	»	»	»
— Acide phosphorique	»	»	1.74	»	»

De toutes manières, on ne saurait comparer dans des essais d'alimentation ou d'engraissement, l'orge et le malt, sans tenir compte des différences de poids et sans choisir une autre orge que celle ayant servi à fabriquer le malt.

Les expériences, commencées le 23 décembre 1882, furent poursuivies pendant 16 semaines jusqu'au 14 avril 1883, réparties en 3 périodes, dont la première de 8 semaines, la seconde de 6 semaines et la dernière de 2 semaines.

Le tableau CCLV reproduit le poids total des 10 moutons de chacun des trois lots comparés, dans les trois périodes, et la récapitulation pour la durée totale de l'expérience, ainsi que l'augmentation

TABLEAU CCLV. — Essais comparatifs d'engraissement des moutons (1882-1883).

	TOURTEAU DE LIN		
	et orge. Lot I.	et malt. Lot II.	et pois. Lot III.
Première période : 8 semaines.	kil.	kil.	kil.
Poids total de 10 moutons le 23 décembre 1882 . .	495.01	494.89	494.44
— — 17 février 1883 . . .	585.92	598.11	598.11
Augmentation pendant 8 semaines.	90.91	103.22	103.67
— moyenne par mouton et par semaine .	1.136	1.290	1.296
— — et par jour. . .	0.162	0.184	0.185
Deuxième période : 6 semaines.			
Poids total de 10 moutons le 17 février 1883 . . .	585.92	598.11	598.11
— — 31 mars 1883	627.97	631.83	649.39
Augmentation pendant 6 semaines.	42.05	33.72	51.28
— moyenne par mouton et par semaine .	0.70	0.56	0.85
— — et par jour. . .	0.10	0.08	0.12
Troisième période : 2 semaines.			
Poids total de 10 moutons le 31 mars 1883	627.97	631.83	649.39
— — 14 avril 1883	669.69	691.56	716.50
Augmentation pendant 2 semaines.	41.72	59.73	67.11
— moyenne par mouton et par semaine .	2.09	2.99	3.35
— — et par jour. . .	0.290	0.420	0.480
Récapitulation.			
Poids total de 10 moutons le 23 décembre 1882 . .	495.01	494.89	494.44
— — 14 avril 1883	669.69	691.56	716.50
Augmentation totale pendant 16 semaines.	174.68	196.67	222.06
— moyenne par mouton et par semaine .	1.09	1.23	1.39
— — et par jour. . .	0.156	0.175	0.198

par lot et par période et l'augmentation hebdomadaire et quotidienne par mouton, dans chaque lot.

Dans le tableau suivant (CCLVI) figure l'état détaillé des aliments distribués par lot de moutons et par périodes, calculés également par tête et par jour.

Pendant la première période de 8 semaines, le lot I, bien que nourri additionnellement avec de la farine d'orge, a moins profité comme accroissement de poids vif que le lot II ayant reçu du malt et du poussier de malt, au lieu de farine d'orge. Quant au lot III, traité par la farine de pois, il a donné les mêmes résultats que le lot II.

Dans la deuxième période de 6 semaines, le lot I recouvre une partie du poids perdu précédemment, mais l'avance reste au lot II comme poids total. C'est le lot III qui accuse l'augmentation totale la plus forte.

Il n'importe pas moins de remarquer que, dans la première période, les moutons consommant plus de navets de Suède que dans la seconde, avec moins de tourteau, d'orge, de malt ou de pois, l'accroissement moyen par tête et par jour est bien plus considérable. Il est certain que par ce régime rationnel, les animaux ont plus profité, d'une manière générale, que par l'abus des aliments concentrés. Dans l'essai actuel, les moutons étaient jeunes et régulièrement pourvus d'eau potable.

En raison du faible accroissement des lots I et II pendant la seconde période, on peut seulement conclure que l'orge et le malt s'équivalent quand ils sont fournis en mélange avec des racines, du foin et un peu de tourteau de lin ; mais que la farine de pois employée dans les mêmes conditions donne de meilleurs résultats que l'orge ou le malt en farine.

Dans la troisième période, on a maintenu, pendant 2 semaines encore, la plus forte ration de tourteau, d'orge, de malt et de pois, pour juger de l'effet produit par l'alimentation à haute dose. Les moutons du lot I ne consommèrent pas la totalité de la farine d'orge, du foin et de la paille et on a déduit dans le tableau ce qu'ils ont laissé. Les moutons des lots II et III ont consommé tous les aliments fournis. Aussi, l'augmentation de poids vif dans cette période,

TABLEAU CCLVI. — État des rations distribuées aux moutons pendant les essais d'engraissement (1882-1883).

	1re PÉRIODE 23 déc. 82 au 17 fév. 83.		2e PÉRIODE 17 fév. au 3 mars.		2e PÉRIODE 3 au 17 mars.		2e PÉRIODE 17 au 31 mars.		3e PÉRIODE 31 mars au 14 avril.		CONSOMMATION totale	
	Par lot.	Par mouton et par jour.	Par lot.	Par mouton et par jour.	Par lot.	Par mouton et par jour.	Par lot.	Par mouton et par jour.	Par lot.	Par mouton et par jour.	par lot.	par mouton et par jour.
Durée des périodes	8 semaines.		2 semaines.		2 semaines.		2 semaines.		2 semaines.		16 semaines.	
Lot I.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Tourteau de lin	63,5	0,113	31,7	0,226	47,6	0,340	63,5	0,453	63,5	0,453	270	0,241
Farine d'orge	63,5	0,113	31,7	0,226	47,6	0,340	63,5	0,453	52,1	0,372	258	0,230
Navets de Suède	3960	7,071	621,1	4,444	685,5	4,890	636,6	4,546	800,0	5,710	6704	5,982
Foin haché	51	0,091	15,8	0,113	14,9	0,107	15,8	0,113	15,4	0,110	113	0,100
Paille hachée	51	0,091	15,8	0,113	14,9	0,107	15,8	0,113	15,4	0,110	113	0,100
Lot II.												
Tourteau de lin	63,5	0,113	31,7	0,226	47,6	0,340	63,5	0,453	63,5	0,453	270	0,241
Malt et poussier de malt	53,4	0,960	26,5	0,189	39,5	0,282	53,0	0,379	53,0	0,378	225	0,200
Navets de Suède	3960	7,071	622,1	4,444	685,5	4,890	636,6	4,546	800,0	5,710	6704	5,982
Foin haché	51	0,091	15,8	0,113	14,9	0,107	15,8	0,113	16,8	0,120	114	0,101
Paille hachée	51	0,091	15,8	0,113	14,9	0,107	15,8	0,113	16,8	0,120	114	0,101
Lot III.												
Tourteau de lin	63,5	0,113	31,7	0,226	47,6	0,340	63,5	0,453	63,5	0,453	270	0,241
Farine de pois	63,5	0,113	31,7	0,226	47,6	0,340	63,5	0,453	63,5	0,453	270	0,241
Navets de Suède	3960	7,071	622,1	4,444	685,5	4,890	636,6	4,546	800,0	5,710	6704	5,982
Foin hachée	51	0,091	15,8	0,113	14,9	0,107	15,8	0,113	16,8	0,120	114	0,101
Paille hachée	51	0,091	15,8	0,113	14,9	0,107	15,8	0,113	16,8	0,120	114	0,101

comparée à la précédente, est-elle remarquable ; pour le lot III, elle atteint 480 grammes par tête et par jour.

En résumé, après 16 semaines, les moutons soumis à l'engraissement ont donné les résultats suivants :

	GAIN DE POIDS VIF	
	par semaine.	par jour.
Lot I (Tourteau de lin et orge).	1^k,09	0^k,156
Lot II (— et malt).	1 ,23	0 ,175
Lot III (— et pois).	1 ,39	0 ,198

LIVRE VI. — LES INDUSTRIES DE LA FERME

En Angleterre, comme on le sait, les fermiers sont exclusivement cultivateurs et éleveurs, tandis qu'en France, en Allemagne et ailleurs sur le continent, la fabrication du sucre de betteraves, de la fécule, du vinaigre, de l'huile, du vin; la distillation des grains; la brasserie et d'autres industries sont fréquemment annexées à la pratique ordinaire de l'exploitation du sol et du bétail; en Angleterre, ces fabrications s'exercent par des industriels dans des usines distinctes [1].

Parmi les industries attenant à la ferme anglaise, celles du laitage et du fromage sont les seules, très répandues, qui donnent lieu à une consommation et à un commerce toujours croissants. Il a été rendu compte des efforts jusqu'ici impuissants pour implanter des distilleries et des sucreries de betteraves en Grande-Bretagne. Le fait qu'une tonne de betteraves à sucre, de qualité moyenne, a, comme aliment pour le bétail, une valeur supérieure au prix qu'offrent les distillateurs ou les sucriers, ne permet pas d'approvisionner l'industrie [2]. Nous nous bornerons donc à étudier avec Vœlcker le lait, le beurre et le fromage.

A. — Lait.

Le lait sécrété par les glandes mammaires des animaux herbivores et destiné à alimenter les nouveau-nés est, sous le rapport physique, un liquide opaque, blanchâtre, de saveur douce et agréa-

1. *The influence of chemical discoveries* etc. 1878.
2. *Livre II,* pages 107 et 203.

ble, d'odeur fade, mais particulière. Sa densité varie comme sa composition ; elle est de 1.030 pour le lait de vache de bonne qualité ; de 1.025 à 1.042 pour le lait de chèvre et de brebis et de 1.019 pour le lait d'ânesse.

Le lait des herbivores est neutre ou légèrement alcalin. Examiné sous le microscope, il se présente sous forme d'un liquide transparent, tenant en suspension d'innombrables globules ronds ou ovales, qui sont diaphanes, lisses, et représentent une faible partie du volume liquide.

1. — Lait de vache.

Sous le rapport chimique, le lait de vache, comme celui des autres herbivores, est une émulsion de particules de graisse dans une dissolution de caséine et de sucre. Le tableau CCLVII reproduit six analyses de lait pur de vache qui font ressortir les différences observables dans la teneur en matière grasse, ou beurre, qui détermine la qualité du lait[1]. L'analyse n° 1, indiquant une proportion de beurre de 7.62 p. 100, s'applique à un lait exceptionnellement riche

TABLEAU CCLVII. — Composition du lait de vache.

	I.	II.			III. 6 sept. 1860.	
	21 oct. 1860.	29 nov. 1860.	18 sept. 1860.	7 août 1860.	Matin.	Soir.
	1	2	3	4	5	6
Eau	83.90	85.20	86.65	87.40	89.95	90.70
Matière grasse pure (beurre)	7.62	4.96	3.99	3.43	1.99	1.79
Caséine	3.31	3.66	3.47	3.12	2.91	2.81
Sucre de lait	4.46	5.05	5.11	5.12	4.48	4.04
Matières minérales (cendres)	0.71	1.13	0.78	0.93	0.64	0.66
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Matières sèches p. 100	16.10	11.80	13.35	12 60	10.05	9.30

1. *A lecture on milk ; Journ. Roy. Agric. Soc. of England ;* XXIII, 1re série, 1863.

provenant de la ferme de Forcestercourt; l'analyse n° 2 se réfère à un lait de qualité au-dessus de la moyenne; les analyses nos 3 et 4 à un même lait, de qualité moyenne, et les analyses nos 5 et 6 à un lait pauvre. C'est seulement dans les gras pâturages et lorsque la saison s'avance, le lait devenant moins abondant, mais plus riche, que l'on retire des vaches du lait dosant au-dessus de 4 p. 100 de matière grasse pure. Quant à la teneur en caséine, elle ne varie pas très sensiblement.

Étude chimique du lait de vache. — Séparé complètement de ses globules, le lait forme une solution parfaite de caséine, d'albumine, de sucre de lait et de matières minérales. Quant aux globules, ils se composent de fines pellicules de caséine englobant des matières grasses ou butyreuses[1].

a. — *Caséine ; composition et propriétés.*

Le lait de vache et celui des autres animaux herbivores est parfois neutre, mais le plus souvent légèrement alcalin, quand il est tout à fait frais. Si on le garde quelque temps, il devient acide, et la caséine du lait, chargée de plus ou moins de beurre, se sépare à l'état de substance blanche, volumineuse ou caillée, à réaction faiblement acide. En se desséchant, cette substance réduit considérablement son volume, devient demi-transparente et cornée. A cet état, elle est à peine soluble dans l'eau ; mais elle se dissout facilement dans une dissolution faible de potasse caustique et de soude, d'où l'acide acétique et les acides minéraux la précipitent de nouveau à l'état gélatineux.

La caséine se distingue de l'albumine en ce qu'elle ne se coagule pas par l'ébullition et qu'elle se précipite par la présure. Quand on soumet à l'ébullition une dissolution de caséine, elle absorbe de l'oxygène et il se forme à la surface une pellicule insoluble dans l'eau. Il en est de même quand on fait bouillir du lait écrémé. Du lait frais porté graduellement jusqu'aux environs de 100° C., est surmonté par la crème et recouvert à la surface par une pellicule de caséine oxydée.

---

1. *Milk. Journ. Roy. Agric. Soc. of England*, XXIV, 1re série, 1863.

On attribue généralement la solubilité de la caséine dans le lait à la présence d'une faible proportion d'alcalis en liberté ; mais, quoique les alcalis soient des dissolvants de la caséine et que le lait soit fréquemment alcalin, on ne peut pas nier que dans le lait légèrement acide, la caséine soit totalement à l'état soluble, et que l'addition de quantités faibles d'acides dilués, suffisante pour donner de l'acidité au lait frais, n'en sépare pas la caséine. Cette séparation ne s'opère que lorsqu'il s'est formé spontanément assez d'acide lactique, ou que l'on a introduit dans le lait un excès d'acide libre. L'action de la présure sur la solubilité de la caséine n'a pas encore été expliquée. On a cru, pendant longtemps, que la présure coagulait le lait par la transformation de la lactose ou sucre de lait en acide lactique, et que l'acide lactique, en neutralisant l'alcali libre, était réellement l'agent de coagulation. Or la présure peut cailler du lait frais sans lui donner aucune acidité. Vœlcker a même rendu alcalin du lait, qu'il a caillé par de la présure et obtenu du petit lait à réaction alcaline.

Le caillé exposé à l'air, à l'état humide, subit une décomposition partielle et devient un ferment qui décompose promptement une certaine quantité des graisses neutres du beurre, en séparant l'acide butyrique et d'autres acides gras volatils qui donnent au beurre son goût rance. Le ferment caséique convertit également le sucre de lait en acide lactique.

Comme toutes les substances albuminoïdes, la caséine est riche en azote et sert à la production de la viande dans l'économie animale. Mulder n'a pas signalé le phosphore comme un élément normal de la caséine ; mais Vœlcker l'a toujours constaté en quantité notable, et a trouvé aussi plus de soufre que Mulder n'avait indiqué. La composition de la caséine, d'après Vœlcker, est la suivante :

Composition de la caséine.

Carbone	53.57
Hydrogène	7.14
Azote	15.41
Oxygène	22.03
Soufre	1.11
Phosphore	0.74
	100.00

La caséine pure du lait a exactement la même composition que celle des végétaux, la légumine, et jouit des mêmes propriétés physiques et chimiques.

Il est difficile d'obtenir la caséine à l'état de pureté. Le phosphate de chaux surtout y adhère d'une manière si persistante qu'on s'explique pourquoi les analystes n'ont pas reconnu la présence du phosphore organique, c'est-à-dire du phosphore associé chimiquement au carbone, à l'azote et aux autres éléments constitutifs de la caséine. C'est seulement par une décomposition complète, ou en la soumettant à la putréfaction, que l'hydrogène phosphoré se révèle parmi les produits gazeux de la caséine.

La cendre de la caséine qui renferme seulement 0.317 p. 100 a été déduite dans l'analyse précitée, avant de calculer la composition centésimale. Sur cette dose de cendre, le phosphate de chaux représente 0.11 ; de telle sorte que la teneur en phosphore constatée par Vœlcker, étant supérieure à la totalité de la cendre, le phosphore de la caséine est bien en combinaison directe avec les éléments organiques, et non pas à l'état oxydé d'acide phosphorique. Du reste, Vœlcker a indiqué dans une communication spéciale le moyen de doser directement le phosphore[1] et le soufre de la caséine dans les composés organiques.

b. — *Albumine.*

Le petit lait, parfaitement limpide, qui résulte de la séparation de la crème par la présure, donne, après avoir été chauffé jusque vers 100° C., une substance caillebottée qui jouit des propriétés caractéristiques du blanc d'œuf ou de l'albumine, mais qui n'a pas été soumise à l'analyse immédiate.

Dans le lait de vache, cette matière albumineuse représente de 0.50 à 0.75 p. 100 du lait, ou de 0.15 à 0.20 p. 100 de la caséine. Il est digne de remarque qu'elle ne se coagule pas quand le lait frais est bouilli, et qu'elle apparaît seulement après l'enlèvement de la caséine.

1. *On caseine and a method of determining sulphur and phosphorus in organic compounds. — Report of the Brit. Assoc. for the advancement of science,* 1855.

c. — *Sucre de lait.*

Le sucre de lait ou lactose se rencontre seulement dans le lait des mammifères, et en abondance, dans le lait des herbivores.

Si l'on évapore le petit lait, privé de caséine et d'albumine, dans des récipients peu profonds jusqu'à ce que les cristaux commencent à se montrer et qu'on le verse dans des cristallisoirs où l'on ait suspendu des copeaux ou tendu des fils, le sucre s'agglomère par bâtons de 5 à 6 centimètres de diamètre, en cristaux prismatiques carrés, terminés par des pyramides de même section. En évaporant une seconde fois le liquide après cristallisation, on obtient une autre série de cristaux moins purs, plus petits et à coloration jaune. Les cristaux blancs forment un article important du commerce de la Suisse.

La lactose dont la composition immédiate a été bien définie, et les propriétés sont bien connues, se transforme, d'après une formule déterminée, en acide lactique sous l'influence du ferment caséine. Un équivalent de lactose égale deux équivalents d'acide lactique.

d. — *Matières minérales (cendres).*

Le lait évaporé à siccité et incinéré laisse de 0.50 à 0.75 p. 100 de cendres blanchâtres qui consistent principalement en phosphate de chaux et magnésie et en chlorures de potassium et de sodium, auxquels sont associés un peu de phosphate de fer et de la soude à l'état libre. Haidlen a analysé les cendres du lait de deux vaches.

e. — *Globules du lait.*

Les globules du lait, de forme ronde ou ovale, consistent en un mélange de plusieurs corps gras dans une enveloppe de caséine. Ils sont un peu plus légers que le lait et surnagent dans les vases à décanter. Par le barattage, les enveloppes de caséine sont brisées et le contenu des globules est mis en beurre qui est formé de divers corps gras parmi lesquels la palmitine, unie à un peu de stéarine, repré-

sente environ 68 p. 100, l'oléine environ 30 p. 100, et d'autres corps, tels que la butyrine, le caproïne et la capryline, environ 2 p. 100.

f. — *Beurre.*

Le beurre destiné à l'usage domestique renferme, outre ces corps gras, de 16 à 18 p. 100 d'eau, de 1 à 2 p. 100 de sel et des quantités variables de pellicules de caséine. Moins le beurre contient de ces pellicules par le malaxage sous l'eau et mieux il se conserve, car la caséine exposée à l'air, à l'état humide, surtout en temps chaud, se change en ferment agissant sur les matières grasses volatiles et les transforme en glycérine et en principes volatils qui rancissent le beurre et l'altèrent.

2. — Lait de brebis.

Le lait de brebis est plus concentré que le lait de vache et en diffère notablement sous le rapport de la teneur en matière grasse.

Dans le tableau CCLVIII où sont référées 11 analyses de lait de brebis publiées par Vœlcker[1], on remarque que les échantillons 1 et 6 dosent seulement 1.20 et 2.16 p. 100 de beurre, tandis que les nos 4 et 8 dosent 12.78 et 10.24 p. 100. En général, le lait de la brebis est plus gras que celui de la vache.

L'échantillon n° 11 n'est pas à proprement parler du lait, mais du colostrum, c'est-à-dire le liquide jaune et épais qui passe le premier par les glandes mammaires, après le part et avant que le lait ne se sécrète régulièrement. Le colostrum est surtout riche en caséine.

L'échantillon n° 2 a été analysé à la demande du duc de Richmond qui croyait devoir attribuer au lait de ses brebis la perte d'une grande quantité d'agneaux. L'examen au microscope ne révélant rien qui pût donner des indices d'infection, l'analyse fut faite, comparativement au lait n° 1 fourni par les brebis de la ferme de Cirencester, trois jours après l'agnèlement. Tandis que le lait n° 1, se

1. *On the composition of Ewes'milk. Journ. Roy. Agric. Soc. of England*, vol. XVI, 2e série, 1880.

TABLEAU CCLVIII. — Composition du lait de brebis.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Eau	76.70	83.10	83.70	75.00	86.70	86.12	84.15	79.02	84.24	81.73	69.74
Graisse	1.20	4.45	4.45	12.78	3.67	2.16	2.32	10.24	4.78	3.65	2.75
Caséine [1]	13.37	5.76	5.16	6.58	4.44	5.59	5.91	4.56	4.31	5.37	17.37
Sucre de lait	7.10	5.73	5.73	4.66	4.00	4.93	6.57	5.19	5.80	5.46	8.85
Matières minérales	1.63	0.96	0.96	0.98	1.19	1.20	1.05	0.99	0.87	0.79	1.29
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	»	»	0.83	1.05	0.71	0.89	0.94	0.73	0.69	0.86	2.78
Matières solides p. 100	23.30	16.90	16.30	25.00	13.30	13.88	15.85	20.98	15.76	15.27	30.26
Densité	»	»	»	»	»	»	1.012	1.031	1.036	1.041	1.063

rapprochant beaucoup par sa composition du colostrum analysé sous le n° 11, renferme plus de 23 p. 100 de matière solide, dont 13.37 p. 100 de caséine, le lait n° 2 contient 16.90 p. 100 de matière solide qui correspond à une moyenne élevée.

Il n'avait été donné aucune indication sur les brebis appartenant au duc de Richmond, quant à la date de l'agnèlement, mais il importe de noter le degré de concentration du lait de brebis pendant les trois ou quatre jours qui suivent la parturition, et la difficulté qui en résulte pour les bergers quand ils veulent élever un agneau privé de sa mère[1].

3. — Lait de chèvre.

Le lait de chèvre est très riche en beurre et plus concentré encore que le lait de brebis[2].

Le tableau CCLIX reproduit 4 analyses de lait de chèvre, dont 3 se réfèrent (nos 2 à 4) au lait trait pendant l'exposition spéciale d'Islington, au mois d'octobre 1879; l'analyse n° 1 est de date plus ancienne[3].

TABLEAU CCLIX. — Composition du lait de chèvre.

	1	2	3	4
Eau	85.54	82.02	84.48	83.51
Matière grasse	4.08	7.02	6.11	7.34
Caséine[1]	4.52	4.67	3.94	3.19
Sucre de lait	5.86	5.28	4.68	5.19
Matières minérales (cendres)		1.01	0.79	0.77
	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	»	0.78	0.63	0.51
Densité à 16° centigrades	»	1.0357	1.0302	

1. *A lecture on milk*, 1863.

2. *On the composition of Goat's milk. Journ. Roy. Agric. Soc. of England*, vol. XVI, 2e série, 1880.

3. *A lecture on milk*, 1863.

Le n° 2 a été fourni par une chèvre à poils ras et à cornes, d'un pelage blanc et brun, âgée de trois ans, ayant mis bas le 15 juin.

Le n° 3 provient d'une chèvre à longs poils et à cornes, âgée de 5 ans et 7 mois, ayant mis bas en avril.

Le n° 4 a été trait sur une chèvre sans cornes, âgée de 5 ans, ayant mis bas le 2 juillet.

Les globules sont plus petits dans le lait de chèvre que dans le lait de vache, et comme le lait est en même temps plus concentré, ils y sont mieux émulsionnés, de telle sorte que la crème se lève à peine à la surface du lait de chèvre, même après un repos de 12 heures et au delà. Un seul des échantillons de lait analysé a donné après 24 heures 1 p. 100 de crème.

4. — Influences qui modifient la qualité et la quantité du lait.

a. — *Traites successives.*

Les expériences de Reiset sur les vaches, et de Péligot sur les ânesses, montrent que pour un même sujet, la crème et, par conséquent, le beurre, augmentent dans le lait, au fur et à mesure que la traite se prolonge, de telle sorte que le lait de la dernière traite est le plus riche. Il s'ensuit que les trayeurs mécaniques, à moins de pouvoir terminer la traite aussi bien qu'ils la commencent, n'offrent pas grand intérêt dans les exploitations laitières. Pour cette raison, ces appareils qui ne vident pas le pis à fond, après avoir eu un grand succès en Amérique, ont été peu à peu abandonnés.

b. — *Temps écoulé après le part.*

Le premier lait après le part, ou colostrum, a été analysé par Boussingault. Plus épais, plus jaune que le lait de vache ordinaire, il se coagule par la chaleur, et renferme une quantité considérable de caséine. Dix ou douze jours plus tard, le lait reprend ses propriétés connues, et la lactation se fait très abondamment ; au bout d'un mois environ, le rendement diminue et continue à diminuer.

Dans les deux premiers mois après le part, le lait produit en

abondance est plus aqueux que dans le quatrième ou le cinquième mois ; et plus la lactation avance vers son terme, plus la qualité, toutes circonstances égales d'ailleurs, s'améliore. La lactation se termine vers le dixième mois d'ordinaire ; mais, grâce aux aliments succulents tels que la drèche, les feuilles de betteraves, les mares d'amidonnerie, etc., les nourrisseurs prolongent de longtemps la période de dix mois.

c. — *Époque de l'année et heures du jour.*

Au printemps et au commencement de l'été, le lait est plus copieux et de meilleur goût. La saison s'avançant, il est moins abondant, mais plus riche en beurre. Vœlcker l'a constaté sur le lait des mêmes vaches en pâture, analysé le 7 août et le 29 novembre de la même année.

Composition du lait en été et en automne.

	7 AOUT.	29 NOVEMBRE.
Eau	87.40	85.21
Beurre (matière grasse pure)	3.43	4.95
Caséine	3.12	3.66
Sucre de lait	5.12	5.05
Matières minérales (cendres)	0.93	1.13
	100.00	100.00
Matières sèches p. 100	12.60	14.80

Les fabricants de fromage savent bien que le volume du lait, à l'automne, diminue notablement, mais que le poids de fromage correspondant augmente beaucoup, par rapport à celui obtenu au printemps ou en été.

M. Harrison, de Forcestercourt, à Stonehouse, en confirmation de la diminution du lait que l'on recueille vers la fin de l'année, et de sa plus grande richesse alors qu'au printemps et à l'été, a fourni des indications sur la production de sa laiterie pendant l'automne de 1860, que Vœlcker rapporte[1].

1. *Cheese experiments. Journ. Roy. Agric. Soc. of England*, XXIII, 1re série. 1862.

Au commencement du mois d'août, les vaches de Forcestercourt fournissaient 727 litres de lait, à l'aide duquel on fabriquait 88 fromages pesant ensemble, le 22 septembre, 64^{kil},40.

Le 19 octobre, les mêmes vaches fournissaient 500 litres de lait, servant à fabriquer 7 fromages du poids total de 49 kilogr.

Le 29 novembre, pour un volume de lait de 272^{lit},60, on obtenait 5 fromages pesant 31^{kil},75. Les vaches étaient encore alors en pâture et ne recevaient que du foin comme ration additionnelle.

Pour se rendre compte de la différence de qualité du lait trait le matin et le soir, Vœlcker a analysé le lait des vaches de la ferme de

TABLEAU CCLX. — Composition du lait trait matin et soir (ferme du collège agricole de Cirencester).

		EAU. 1	BEURRE (pur). 2	CASÉINE et albumine. 3	SUCRE de lait. 4	MATIÈRES minérales. 5	AZOTE. 6
Janvier	Matin	87.70	2.60	2.94	5.82	0.94	0.47
	Soir	87.40	2.28	2.87	6.56	0.89	0.46
Février	Matin	87.50	2.58	3.44	5.44	1.04	0.55
	Soir	86.40	3.53	3.37	5.56	1.14	0.54
Mars	Matin	88.60	2.71	2.43	5.35	0.91	0.39
	Soir	88.16	2.96	2.62	5.55	0.77	0.42
Avril	Matin	87.50	3.15	2.94	5.60	0.81	0.47
	Soir	89.00	2.47	2.69	5.08	0.76	0.43
Mai	Matin	88.20	2.42	3.12	5.49	0.77	0.50
	Soir	87.80	2.71	2.87	5.85	0.77	0.46
Juin	Matin	87.30	3.05	3.00	5.89	0.76	0.48
	Soir	87.30	2.94	2.87	6.05	0.84	0.46
Juillet	Matin	88.70	2.22	2.94	5.38	0.76	0.47
	Soir	87.80	3.61	2.81	5.10	0.68	0.45
Septembre	Matin	89.91	1.99	2.94	4.48	0.64	0.47
	Soir	90.70	1.79	2.81	4.04	0.66	0.45
Octobre	Matin	87.60	3.90	2.87	4.84	0.79	0.47
	Soir	90.30	2.99	2.37	3.76	0.58	0.38
Novembre	Matin	87.10	3.41	2.94	5.41	1.14	0.47
	Soir	86.20	3.78	3.19	5.68	1.15	0.51
Décembre	Matin	86.70	3.74	2.87	5.92	0.77	0.46
	Soir	86.00	4.12	3.62	5.46	0.80	0.58
Moyennes de 11 mois	Matin	87.89	2.89	2.95	5.42	0.85	0.472
	Soir	87.91	3.02	2.92	5.33	0.82	0.467

Cirencester, à un jour fixe de chaque mois; ce qui devait permettre d'apprécier en même temps les écarts dans la composition, dus aux divers mois de l'année ou aux saisons.

Le tableau CCLX réunit ces analyses pour tous les mois d'une année, sauf pour le mois d'août, où Vœlcker était absent de Cirencester[1].

Les vaches furent tenues en pâture du mois de mai jusqu'à la fin d'octobre ; l'herbe devenant plus rare, elles reçurent le soir, à l'étable, des racines, du foin, etc. On remarquera que la différence entre le lait trait le matin et celui trait le soir porte sur la production en beurre qui, dans la moyenne des 11 mois, est un peu plus élevée le soir ; mais cette différence est insignifiante. La teneur en matières solides est la même.

En septembre le lait était devenu très pauvre, certainement à cause de l'alimentation insuffisante. Des échantillons de lait recueilli sur deux autres fermes des environs où, pendant ce mois, l'herbe était abondante et de bonne qualité moyenne, ont confirmé par l'analyse (tableau CCLXI) que la qualité du lait, également bonne dans les deux fermes, offrait de grandes différences par rapport à celle

TABLEAU CCLXI. — Composition du lait trait matin et soir en septembre, dans la ferme du collège et dans deux fermes avoisinantes.

	FERME DU COLLÈGE.		1re FERME VOISINE.		2e FERME VOISINE.	
	Matin.	Soir.	Matin.	Soir.	Matin.	Soir.
Eau	89.91	90.70	87.07	87.20	87.50	87.70
Beurre	1.99	1.79	3.44	3.76	3.10	3.59
Caséine[1] et albumine.	2.94	2.81	3.37	3.35	3.45	3.37
Sucre de lait. . . .	4.48	4.01	5.38	4.98	5.18	4.57
Matières minérales. .	0.66	0.79	0.74	0.71	0.77	0.77
	99.98	100.13	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote. .	0.45	0.47	0.53	0.54	0.52	0.54

1. *Milk : Journ. Roy. Agric. Soc. of England,* XXIV, 1re série, 1863.

du lait de la ferme du collège. En effet, tandis que la teneur moyenne en matières solides atteint 12.5 p. 100 environ, dont 3.5 p. 100 de beurre et 3.5 p. 100 de caséine, dans le lait des deux fermes avoisinantes, elle est seulement de 10 p. 100, dont à peine 2 p. 100 de beurre, dans le lait de la ferme du collège.

On a également une preuve de l'influence de l'alimentation sur la qualité du lait, en consultant les analyses du mois d'octobre, du lait de la ferme du collège. La ration supplémentaire donnée le soir aux vaches, à leur rentrée à l'étable, pendant ce mois, a relevé la qualité du lait qui, sur 12.5 p. 100 de matières solides, renferme 4 p. 100 de beurre. Pendant les mois de novembre et de décembre, les vaches ne sortant plus, furent nourries dans l'étable avec des racines, du tourteau, de la paille et du foin hachés; aussi la qualité du lait s'est-elle améliorée sensiblement. La farine de noix de palmier qui renferme une graisse blanche et d'une bonne saveur, ayant presque la consistance du beurre, est un excellent aliment auxiliaire pour les vaches laitières à l'étable.

d. — *Alimentation.*

C'est bien à l'alimentation qu'il faut attribuer une différence quand il y en a une, entre la quantité et la qualité du lait trait le matin ou le soir. Suivant que les vaches ont été parquées sur un herbage succulent le jour, ou qu'elles ont été richement nourries le soir à l'étable, le lait est meilleur le soir ou le matin. L'analyse de 32 échantillons de lait recueillis le même jour, dans la ferme du collège de Cirencester, a donné pour résultats, 8 échantillons de lait plus pauvre le matin que le soir, 4 échantillons de lait plus riche et 4 sans différences notables.

On ne saurait augmenter au delà d'une certaine limite le rendement, ni améliorer la qualité, par des aliments supplémentaires qui produisent surtout de la viande et de la graisse. Les vaches qui ont une tendance à s'engraisser ne profitent que pour la graisse, du tourteau additionnel qui leur est alloué. Parfois même l'influence d'un élément huileux, tel que le tourteau de lin, est nuisible aux vaches, et Vœlcker cite à ce sujet l'examen qu'il fut chargé de faire

d'un lait dont la crème ne pouvait se convertir en beurre. Dans la baratte, la crème moussait, sans que la caséine put se séparer du beurre, par une température du mois de janvier[1]. Le propriétaire des vaches, M. Barthropp, les avait nourries avec un excès de tourteau de lin, sans avoir eu le soin de le mélanger avec une ration suffisante de foin sec : il s'était produit en conséquence un excès de graisse liquide. Vœlcker, en cherchant à séparer, dans la crème, la graisse solide ou cristallisée de la graisse fluide, a constaté en effet la surabondance de cette dernière.

En général, le tourteau de mauvaise qualité employé pour les vaches laitières, cause beaucoup plus de mal que ne le croient les nourrisseurs. Indépendamment de la saveur désagréable que le tourteau avarié communique au lait, les matières incorporées dans certains tourteaux falsifiés, lui donnent des propriétés nuisibles pour la santé des consommateurs. Il importe donc de recourir, parce que c'est indispensable, à des tourteaux de premier choix.

On sait que les eaux acides, celles notamment qui renferment de l'acide lactique, favorisent la sécrétion du lait. Lorsque les vaches sont nourries avec des aliments concentrés, tels que la farine de fèves ou de tourteau, il peut convenir, à défaut d'eaux d'amidonneries ou de brasseries et de distilleries, etc., contenant de l'acide lactique, de leur donner de l'eau chargée d'acide lactique, en laissant légèrement fermenter de la farine d'orge dans l'eau et ajoutant quelque substance végétale pour activer la fermentation. On parvient de la sorte à rendre plus digestible et plus profitable pour la sécrétion du lait, les aliments concentrés, tels que la farine de fèves et les tourteaux de colza, de coton et de lin.

c. — *Races et taille.*

En général les vaches de petites races, ou les petites vaches des races les plus grandes, sont meilleures laitières pour une même ration consommée. La question de savoir s'il y a plus de bénéfice à maintenir des vaches de petite ou de grande race, est autre.

---

1. *A lecture on milk. Journ. Roy. Agric. Soc. of England,* XXIII, 1re série, 1863.

Si l'on recherche la qualité du lait avant tout, les petites races d'Alderney, de Chatelayn, qui fournissent un lait très crémeux, seront élevées de préférence. La petite vache de Kerry ou la vache bretonne produisent également un lait très riche, mais en moindre quantité. Pour les laiteries, dans les districts fromagers, on préfère les vaches d'Ayrshire qui semblent assimiler le plus complètement leurs aliments pour la production du lait et non de la viande. Dans le concours annuel que tient la Société d'agriculture du comté d'Ayr, dans le but de récompenser les nourrisseurs propriétaires des meilleures vaches laitières, on a constaté en 1861, les résultats suivants, fournis par 6 vaches concurrentes, nourries sans restriction :

	TRAITE		POIDS
	la plus forte.	moyenne de 4 traites.	de beurre.
	—	—	—
	kil.	kil.	kil.
Vaches n° 1	12.582	10.967	0.963
— n° 2	11.788	11.024	1.317
— n° 3	11.533	9.316	1.162
— n° 4	14.027	12.398	1.490
— n° 5	13.091	12.936	0.722
— n° 6	11.477	10.662	0.878

La race courtes cornes, quoique particulièrement apte et précoce pour la viande, donne des vaches laitières excellentes qui sont préférées aux vaches d'Ayrshire, aux Alderney, et à d'autres races spéciales, parce qu'elles sont à double fin. Aussi devient-elle la race choisie pour les éleveurs qui exploitent les laiteries.

La vache du Yorkshire à courtes cornes, est recherchée surtout par les nourrisseurs de Londres et des grands centres, à cause de la quantité de lait qu'elle fournit, quoique le lait soit plus aqueux et moins riche en beurre que celui des petites races ; il convient très bien par ce motif à l'écoulement direct. D'ailleurs, toutes les vaches courtes cornes ne sont pas bonnes laitières ; il y a lieu de choisir les bonnes parmi les variétés établies. En 1860, Vœlcker fit quelques essais dans le but de rechercher si les variétés pures de courtes cornes donnaient plus ou moins de lait de bonne qualité, par rapport aux variétés croisées ou mixtes. Trois vaches de la laiterie de Cirencester et trois vaches pur sang appartenant à M. Proctor, de Bristol, fu-

rent parquées sur le même pré pendant le mois de septembre, et le lait de chaque lot, trait et soigneusement mesuré, fut analysé à part. Le pré fournissait en abondance une herbe succulente.

Au bout d'un certain temps, les six vaches reçurent comme ration supplémentaire $0^{kil},453$ par tête, de tourteau de lin ; et après une semaine, $0^{kil},906$. Le rendement et l'analyse du lait dans les trois périodes sont donnés dans le tableau CCLXII.

Pendant la première période, l'herbe étant le seul aliment, le lot des vaches ordinaires a fourni un meilleur produit que celui des vaches pur sang. Dans la seconde période, l'addition à l'alimentation herbacée de $0^{kil},453$ de tourteau oléagineux paraît avoir augmenté la proportion de beurre, mais diminué la quantité de lait. Enfin, l'addition d'un poids double de tourteau, $0^{kil},906$ par tête, dans la troisième période, correspond à une richesse moindre et à un rendement plus faible, par rapport à la première. Ce résultat pourrait toutefois plus justement s'attribuer à la saison avancée. En tous cas, l'essai n'a pas duré assez longtemps pour vérifier le fait de décroissance dans le rendement et d'amélioration dans le produit.

Sous le rapport de la taille, les expériences de Ockel, de Frankenfeld (1885), sur quatre vaches hollandaises, ont montré que deux d'entre elles pesant ensemble 960 kilogr. avaient rendu plus de lait pendant 16 jours consécutifs que les deux autres du poids de 698 kilogr. Le poids des animaux n'ayant pas varié pendant l'expérience et les aliments ayant été fournis *ad libitum*, les grandes vaches avaient produit en 16 jours, 309 litres de lait, en consommant 2 230 kilogr. de luzerne et les petites vaches, 218 litres pour une consommation de 1 750 kilogr. de luzerne.

Ces résultats sont d'accord avec la pratique des nourrisseurs anglais qui préfèrent les vaches de grandes dimensions du Yorkshire à celles des autres variétés de courtes cornes plus petites.

5. — Falsifications du lait.

Il a été beaucoup écrit sur les falsifications auxquelles est soumis le lait vendu aux habitants des villes. On accuse les laitiers d'ajouter des substances étrangères, telles que des cervelles de mouton, de

TABLEAU CCLXII. — Essais comparatifs sur le rendement et la composition du lait de deux lots de vaches de variétés différentes (1860).

		1re PÉRIODE. Herbe seule.		2e PÉRIODE. Herbe et 453gr tourteau.		3e PÉRIODE. Herbe et 906gr tourteau.	
		3 vaches ordinaires.	3 vaches pur sang.	3 vaches ordinaires.	3 vaches pur sang.	3 vaches ordinaires.	3 vaches pur sang.
		lit.	lit.	lit.	lit.	lit.	lit.
Rendement en lait	Matin	17,60	15,90	16,18	15,05	17,04	15,04
	Soir	11,92	11,92	10,22	12,49	10,79	11,93
	Total	29,52	27,82	26,40	27,54	27,83	26,97
Composition du lait. Eau	Matin	86.7[1]	87.6[1]	87.10[2]	86.50[2]	86.90[3]	86 50[3]
Matière sèche	Matin	13.3	12.4	12.90	13.50	13.10	13.50
		100.0	100.0	100.00	100.00	100.00	100.00
Eau	Soir	86.6	86.8				
Matière sèche	Soir	13.4	13.2				
		100.0	100.0				
Composition chimique du lait.							
Eau		86.65	87.20	87.10	86.50	86.90	86 50
Beurre (matière grasse pure)		3.99	3.86	4.28	1.28	3.96	4.19
Caséine*		3.47	3.28	3.06	3.25	3.37	3.19
Sucre de lait		5.11	4.89	4.81	5.30	4.98	5 31
Matières minérales (cendres)		0.78	0.77	0.72	0 67	0.79	0.78
		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
*Contenant azote		0.56	0.52	0.49	0.52	0.51	0.51

1. 18 septembre 1860. 2. 24 septembre 1860. 3. 2 octobre 1860.

l'amidon, des blancs d'œuf battus, des fécules, de la craie et mille autres substances blanches, sans qu'aucune autorité ait été citée à l'appui de ces accusations que reproduisent la plupart des écrivains. Ce qui est certain, c'est que la qualité inférieure du lait débité dans les grands centres où la demande est plus grande que l'offre, vient du manque de crème et de l'addition d'eau.

Les vaches nourries avec des drèches de distillerie, des sons lavés, des herbes de prairies arrosées, des têtes de betteraves, des feuilles de choux, des eaux de laverie d'orge, etc., c'est-à-dire avec des aliments où l'eau abonde, produisent un lait qui, à l'état naturel, est déjà très aqueux.

La question essentielle, en fait de falsification du lait, est donc de savoir ce qu'on entend par du lait de bonne ou de mauvaise qualité. Autant que Vœlcker, après maintes analyses de produits de toutes provenances et de toutes sortes, a pu le vérifier, le lait de vache, quand il est riche, renferme de 12 à 12.5 p. 100 de matières solides et de 3 à 3.5 p. 100 de matières grasses pures et rend de 11 à 12 p. 100 de crème, après être resté 24 heures à la température de 26 degrés centigrades. Le lait de moyenne qualité contient de 10.5 à 11 p. 100 de matière sèche et 2.5 p. 100 environ de matière grasse pure, et rend de 9 à 10 p. 100 de crème. Le lait frelaté avec de l'eau ou pauvre, renferme plus de 90 p. 100 d'eau et moins de 2 p. 100 de matière grasse : il donne de 6 à 8 p. 100 de crème, et même moins.

Que le lait soit riche ou pauvre, sa teneur en caséine, en sucre de lait et en matières minérales varie peu, tandis que pour la teneur en beurre, les variations sont considérables. Aussi, la qualité du lait dépend plutôt de la proportion de beurre, ou mieux, de crème qu'il renferme.

Le crémomètre ordinaire, qui sert à déterminer exactement et rapidement la proportion de crème contenue dans le lait, répondrait parfaitement au but, si deux circonstances ne devaient modifier les résultats, au point de rendre son utilité contestable dans la pratique. En premier lieu, la composition de la crème fournie par divers laits varie beaucoup, de telle sorte que la comparaison d'après les indications du crémomètre n'est pas juste, entre des laits de diverses prove-

nances. En deuxième lieu, l'agitation du lait réduit notablement la quantité de crème ; le même lait qui, après un repos absolu de 24 heures, donne en volume 12 p. 100 de crème, s'il est légèrement agité, ce qui arrive surtout dans le transport par voiture et par chemin de fer, n'en produira plus que 8 p. 100.

Le lactoscope de Donné, qui fournit des données approximatives basées sur l'opacité du lait ; le lacto-butyromètre de Marchand, fondé sur la dissolution par l'éther des matières grasses du lait et leur précipitation par l'alcool, pas plus que le lacto-densimètre de Quevenne et le galactomètre centésimal de Chevallier, ne donnent des résultats exacts ; ils ne sont pas entrés dans la pratique agricole [1].

a. — *Essais de densité.*

De simples aréomètres ou lactomètres indiquant la densité du lait sont plus utiles que les instruments perfectionnés impliquant des calculs ou l'usage des tables ; car, dans de certaines limites, la pesanteur spécifique fournit une précieuse indication sur la qualité du lait.

Il est vrai que les globules de crème sont plus légers que le lait et, par conséquent, le lait écrémé a une densité plus grande que le lait crémeux ; mais on ne demande pas au lactomètre d'indiquer la

TABLEAU CCLXIII. — Composition de laits soumis aux essais de densité.

	4 MARS. 1	25 MARS. 2
Eau	86.80	88.10
Matière grasse pure (beurre)	3.72	2.61
Caséine et albumine [1]	3.37	3.12
Sucre de lait	5.31	5.46
Matières minérales	0.81	0.71
	100.00	100.00
1. Contenant azote	0.54	0.50
Matières solides p. 100	13.20	11.90

1. Il en est de même des appareils Poggiale et Mounier dont les principes sont erronés quant à l'appréciation de la pureté du lait.

richesse comparée d'échantillons de lait de qualité supérieure. Il a pour but de montrer si le lait a été dilué, ou s'il est naturellement de mauvaise qualité.

La crème étant plus légère que le lait, mais plus lourde que l'eau dans le rapport de 1.012 et même de 1.019 à 1.000, l'addition de la crème dans le lait ne saurait diminuer sa pesanteur spécifique au même degré que l'addition d'eau. Il s'ensuit que le lait riche en beurre a une densité bien plus élevée que le lait dilué à l'aide d'une quantité même faible d'eau. Sur ce point, Vœlcker a fait des expériences, à deux reprises différentes, les 4 et 25 mars 1863, sur deux échantillons de lait qu'il a analysés (tableau CCLXIII).

TABLEAU CCLXIV. — Essais pour densité de laits purs et dilués (1863).

	LAIT N° 1 (4 mars)			LAIT N° 2 (25 mars)			
	avec crème.		Écrémé.	avec crème.			Écrémé.
	Hydromètre.	Crème p. 100.	Hydromètre.	Hydromètre.	Pesée directe.	Crème p. 100.	Hydromètre.
Lait pur à 16 degrés centigr. .	1.0320	11,5	1.0350	1.0320	1.0314	12	1.0337
+ 10 p. 100 d'eau . . .	1.0315	10	1.0320	1.0285	1.0295	10.5	1.0308
+ 20 — . . .	1.0305	9	»	1.0250	1.0257	10	1.0265
+ 30 — . . .	1.0290	8	»	1.0235	1.0233	6	1.0248
+ 40 — . . .	1.0190	6	1.0210	1.0200	1.0190	5	1.0208
+ 50 — . . .	1.0160	5	1.0180	1.0170	1.0163	4.5	1.0175

Le lait n° 1, du 4 mars (tableau CCLXIV), a été examiné à l'état pur, avec crème et écrémé ; puis à l'état de mélange dans chaque cas, avec 10, 20, 30, 40 et 50 p. 100 d'eau. Celui n° 2, du 25 mars, a été examiné dans les mêmes conditions, mais en recourant en outre aux pesées directes sur une balance sensible, pour mesurer la densité du lait crémeux, pur et mélangé d'eau. Les proportions de crème dans les deux laits ne concordent pas avec la quantité d'eau ajoutée, ce qui est dû sans aucun doute à l'agitation qui a eu pour effet de briser les globules de crème et de faire varier sa composition.

Il résulte de ces essais que le lait pur et frais, à la température de 16 degrés centigrades, a une pesanteur spécifique d'environ 1.030; que le lait écrémé, dont la densité est plus grande, marque 1.034; que le lait pesant 1.025 ou moins, est très pauvre ou dilué; que si l'on enlève dans un lait 10 p. 100 de crème en volume pour la remplacer par le même volume d'eau, la densité est à peu près la même dans les deux cas, mais au delà de 10 p. 100, s'il s'agit de 20 p. 100, par exemple, l'addition d'eau est exactement indiquée par l'hydromètre qui marque 1.025.

Il importe d'observer que si, dans le cas de 10 p. 100 d'eau substituée à 10 p. 100 de crème, la densité reste à peu près la même, on ne peut ajouter de l'eau dans du lait ainsi écrémé sans lui donner par cela même une coloration bleue qui détourne de la falsification.

b. — *Essais d'opacité pour déterminer la teneur du lait en beurre.*

On sait que le lait crémeux est plus opaque que celui dont on a séparé plus ou moins complètement la crème, ou que l'on a additionné d'eau.

La recherche d'un instrument, d'un maniement simple, qui permette de constater par une simple lecture la richesse crémeuse du lait, a conduit le professeur Feser, de Munich, à reprendre le principe de l'opacité du lait que Donné avait utilisé pour son lactoscope, et à modifier d'une manière heureuse l'instrument[1].

Le lactoscope Feser, très employé en Allemagne, en Hollande, dans le Danemark par les fermiers, les laitiers et les préposés de l'administration municipale, consiste en un tube de diamètre assez fort ($0^m,04$), gradué extérieurement, fermé en pointe à la partie inférieure et ouvert à la partie supérieure, de façon à pouvoir l'obturer avec le pouce. Dans la partie finissant en pointe a été soudé verticalement un petit tube fermé, en verre opaque, qui porte en dedans des divisions tracées en noir. Ces divisions ne sont pas visi-

1. *On a new method of testing milk: Journ. Roy. Agric. Soc. of England,* vol. XVI, 2e série, 1880.

bles quand on verse le lait dans l'instrument et qu'on y ajoute un peu d'eau, mais elles apparaissent nettement lorsque l'on continue à ajouter de l'eau. Plus le lait est riche en globules ou en crème, et plus il faut l'additionner d'eau avant de pouvoir distinguer les traits noirs du tube intérieur ; et inversement, pour le lait pauvre.

Pour se servir de l'instrument, il suffit, à l'aide d'une pipette jaugée à 4 centimètres cubes, d'introduire le lait par l'extrémité ouverte, d'ajouter un peu d'eau ordinaire et de secouer en fermant avec le pouce, puis de continuer à ajouter de l'eau, en agitant jusqu'à ce que l'on aperçoive les traits noirs. On lit alors au niveau où s'arrête le mélange dans le grand tube, sur l'échelle à droite, la quantité de beurre p. 100, et sur l'échelle à gauche, le volume d'eau en centimètres cubes qu'il a fallu ajouter ; ce qui est du reste sans objet.

Après de nombreux essais du lactoscope Feser, Vœlcker reconnaît son utilité pour le dosage suffisamment approché de la teneur en beurre, quand le lait est frais. En quelques minutes on arrive à juger comparativement de la richesse en beurre de divers échantillons de lait, et à la condition de recourir à la densité, que donne l'aréomètre, on peut décider si le lait est pur ou dilué, dans quelle mesure il est dilué et s'il a été partiellement ou complètement écrémé.

Les laits nos 1 à 4 (tableau CCLXV) ont été achetés dans quatre laiteries différentes de Holborn et de Bond-street, à Londres, le 23 juillet 1879 ; le lait n° 5 provient de la ferme de Sir Henry Dashwood, Kirtlington Park. Il a été analysé le jour même de l'envoi par chemin de fer, le 31 juillet. Quoique représentant la composition d'un bon lait de campagne, il n'a donné que 5 p. 100 de crème, à cause de l'agitation par le transport, car il titre 4 p. 100 environ de beurre. Le lait n° 6 a été acheté dans une laiterie de Clapham Common ; le n° 7, à Tichborne Court, et le n° 8 dans Bond-street, trois localités de Londres.

On remarquera les variations dans le volume de crème qu'indique le crémomètre. Ainsi, dans les échantillons n° 1 et n° 4, dosant à peu près la même proportion de beurre, le n° 1 marque 9 p. 100 et le n° 4, 12 p. 100 de crème, tandis que le n° 3, plus riche en beurre que le n° 4, marque seulement 8 p. 100, après 18 heures de repos.

TABLEAU CCLXV. — Composition de laits purs et écrémés soumis aux essais de densité et du lactoscope Feser.

	LAITERIES DE LONDRES 23 juillet.				CAMPAGNE.	LONDRES.			LAIT ÉCRÉMÉ.							
	1	2	3	4	5	Clapham. 6	Tichborne. 7	Bond-Street. 8	1 *bis.*	2 *bis.*	3 *bis.*	4 *bis.*	5 *bis.*	6 *bis.*	7 *bis.*	8 *bis.*
Eau	88.71	88.11	88.96	87.20	86.85	87.05	90.17	87.67	91.33	90.87	90.82	89.03	87.50	88.63	91.33	89.81
Beurre pur	3.17	4.10	3.43	3.20	3.80	4.01	3.16	3.27	0.45	1.01	1.58	1.84	2.86	1.67	1.18	1.02
Autres matières solides	8.02	7.79	7.61	9.60	9.35	8.94	6.67	9.06	8.22	8.12	7.60	9.13	9.61	9.70	7.49	10.17
	100.00	100 00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100 00	100.00	100.00	100.00	100.00
Densité du lait	1.028	1.029	1.028	1.031	1.032	1.032	1.021	1.032	1.032	1.030	1.028	1.034	1.031	»	»	1.035
Crème p. 100 en volume	9	13	8	12	5	11	7	9	»	»	»	»	»	»	»	»
Beurre pur p. 100 déterminé au lactoscope.	2,7 à 3	3 à 3,2	2,7 à 3	3,5 à 3,7	3,5 à 3,7	3,25	2,75	2,75 à 3	0,75 à 1	2 à 2,25	1,75	2 à 2,25	2,5	1,75	1,50	»

Le n° 7 qui titre 3.16 p. 100 de beurre donne au crémomètre 7 p. 100 de crème, et le n° 8, qui offre à peu près la même teneur de 3.27, marque 9 p. 100. Il n'y a donc pas lieu de se fier aux indications volumétriques du crémomètre pour estimer la qualité butyreuse du lait.

Comme teneur en beurre des laits non écrémés, le lactoscope donne des chiffres parfois trop bas, ou trop élevés, mais souvent exacts, comme pour les nos 5, 7 et 8. Dans les laits écrémés nos 1 à 4, les indications du lactoscope sont trop élevées, surtout dans l'échantillon n° 2 qui s'était légèrement aigri, et par cela même était devenu plus opaque. Dans ces mêmes laits additionnés d'eau, le lactoscope ne fournit guère des résultats exacts, mais il indique d'une façon certaine que le lait crémeux ou écrémé a été additionné d'eau (tableaux CCLXVI et CCLXVII).

TABLEAU CCLXVI. — Dosage du beurre dans des laits frais, additionnés d'eau et soumis aux essais du lactoscope Feser.

	LAIT PUR N° 4 eau ajoutée.			LAIT PUR N° 5 eau ajoutée.			LAIT PUR N° 6 eau ajoutée.			LAIT PUR N° 7 eau ajoutée.		
	10 p. 100.	20 p. 100.	30 p. 100.	10 p. 100.	20 p. 100.	30 p. 100.	10 p. 100.	20 p. 100.	30 p. 100.	10 p. 100.	20 p. 100.	30 p. 100.
Poids spécifique . .	»	»	»	1.030	1.027	1.025	1.030	1.027	1.024	1.023	1.021	1.019
Crème p. 100 en volume	11	10.75	9	»	»	»	10	9	9	6.5	6	5.75
Beurre p. 100 au lactoscope Feser . .	3,5	3.25	2.75	3	2.5	2.25	2.75 à 3	2.5	2.25	2.25	2	1.75

TABLEAU CCLXVII. — Dosage du beurre dans des laits écrémés, additionnés d'eau et soumis aux essais du lactoscope Feser.

	LAIT ÉCRÉMÉ N° 4 eau ajoutée.			LAIT ÉCRÉMÉ N° 5 eau ajoutée.			LAIT ÉCRÉMÉ N° 6 eau ajoutée.			LAIT ÉCRÉMÉ N° 7 eau ajoutée.		
	10 p. 100.	20 p. 100.	30 p. 100.	10 p. 100.	20 p. 100.	30 p. 100.	10 p. 100.	20 p. 100.	30 p. 100.	10 p. 100.	20 p. 100.	30 p. 100.
Poids spécifique	1.031	1.029	1.027	1.032	1.029	1.027	»	»	»	»	»	»
Beurre p. 100 au lactoscope Feser.	1.75	1.25	1.50	2 à 2,25	1.75	1	1.60	1.25	1.85	1.36	1.25	1

6. — Installation des laiteries.

a. — *Local.*

Le nord est la meilleure orientation pour une laiterie ; mais si le local est sec, bien ventilé et préservé par des persiennes contre les rayons directs du soleil, l'orientation perd de son importance.

Le plus grave défaut, par lequel se font remarquer maintes laiteries en Angleterre, est l'absence d'une bonne ventilation[1]. Il en résulte une humidité des locaux, qui est particulièrement nuisible à la conservation du lait. Un des moyens les plus économiques pour renouveler l'air consiste à maintenir au-dessus des fenêtres des ouvertures de 8 à 10 centimètres de largeur, closes par des tôles de zinc perforé, et de garnir de même une fenêtre entière pouvant s'ouvrir ou se fermer à volonté.

Les murs doivent être épais ; s'ils ont été construits en pierre, on devra les revêtir de briques intérieurement. Quand la laiterie forme un bâtiment séparé, on évitera de la couvrir avec des ardoises qui sont de bons conducteurs de la chaleur et élèvent en été la température bien inutilement. Les schistes calcaires ou, à leur défaut, les tuiles rouges communes sont bien préférables. De toutes les couvertures pour une laiterie, c'est le chaume qui convient le mieux pour maintenir une température uniforme.

Le sol de la laiterie doit être dallé avec soin : de larges dalles bien cimentées, en ménageant la pente et les rigoles nécessaires à l'écoulement de l'eau, répondent mieux au but que les carreaux ou faïences de moindres dimensions qui exigent un bien plus grand nombre de joints, dans lesquels l'eau finit par se loger.

La construction de laiteries en sous-sol, afin d'obtenir plus de fraîcheur pour la conservation du lait, est condamnable, parce qu'alors on peut difficilement éviter l'humidité, même en drainant comme il faut le terrain.

Il ne faut pas oublier que l'objet principal à atteindre est la cons-

1. *Milk*, juillet 1863.

truction d'un local sec et bien ventilé, dans lequel on puisse maintenir toute l'année une égale température. S'il fait trop froid dans la laiterie, la crème ne se sépare plus assez rapidement, et s'il fait trop chaud, le lait ne tarde pas à s'aigrir. Un bon thermomètre est indispensable pour maintenir la laiterie à une température comprise entre 15 et 18 degrés centigrades. Un calorifère à circulation d'eau chaude permettra en hiver de régler le degré de température.

b. — *Mobilier et ustensiles.*

Les bancs et tablettes seront de préférence revêtus d'ardoises ou de marbre : s'ils sont en bois, on devra les peindre pour que le lait qui serait versé accidentellement puisse être enlevé sans pénétrer dans le bois. L'eau froide ne peut pas laver complètement le bois que le lait a imprégné.

La laiterie, aussi bien que tous les ustensiles qui en dépendent, et les personnes qui soignent le lait, doivent être d'une propreté rigoureuse. Il ne suffit pas, comme on le croit souvent, d'employer des masses d'eau pour obtenir la propreté indispensable : au contraire, moins d'eau on emploiera et moins d'humidité on causera. On doit surtout recourir à l'eau bouillante et, pour accélérer l'évaporation, à un tirage efficace. Dès que les ustensiles ont servi, il faut s'empresser de les laver à l'eau bouillante et les laisser sécher à l'air. De toutes manières on doit éviter, par excès de zèle, d'éclabousser l'eau de tous côtés, et surtout de laisser entrer avec des chaussures sales, les gens de service ou autres. Pour éviter la saleté qu'apportent les gens du dehors, on devra les astreindre à employer le décrottoir et le paillasson placés dans le vestibule, ou mieux encore à abandonner leurs sabots. Ces précautions ne sont pas du tout exagérées, et sous ce rapport, les laiteries du Brabant, qui fournissent le meilleur beurre, sont des modèles à imiter scrupuleusement.

Les ustensiles en fer-blanc valent mieux à tous égards que ceux en bois, qui ne tardent pas à s'imprégner d'une odeur dont le lavage le plus soigneux ne peut les débarrasser. Le lait à l'arrivée dans la laiterie, devra toujours être tamisé avant d'être versé dans les vases ou terrines employés pour la séparation de la crème. Vœlcker décrit

pour la réception et le tamisage du lait, l'appareil Gussander, en fer-blanc, muni d'un col en façon d'arrosoir, dans lequel se trouve le canevas destiné à arrêter les impuretés. Comme bassines, le même inventeur a adopté des vases oblongs en fer-blanc, d'une profondeur de 6 centimètres environ, à coins arrondis pour faciliter le nettoyage, et d'une contenance de 8 à 10 litres environ. Le lait n'y est versé que sur une épaisseur de 4 centimètres et quand la crème s'est ramassée au bout de 24 heures, on évacue le liquide sans aucune agitation, par un tampon grillé, situé au fond du vase, que fait manœuvrer une petite tringle. Vœlcker pense qu'on pourrait donner à ces bassines un centimètre et demi de plus de profondeur de façon à porter la contenance à 20 litres et à les tenir à demeure sur les tables. Elles n'ont pas besoin en effet d'être récurées, mais simplement lavées avec une éponge imbibée d'eau bouillante.

Les bassines ou terrines en verre sont également très appropriées à la laiterie, mais comme tous les vases ronds, ils occupent plus de place que ceux de forme carrée ou oblongue, et ils sont bien plus fragiles. Les bassines en poterie, quand elles sont vernissées, sont très usitées en Angleterre et font bon usage. On attribue aux bassines en zinc la propriété de mieux se prêter à la séparation de la crème, mais le zinc s'oxyde, et quand il est oxydé le lait l'attaque et donne lieu à la formation de sels nuisibles à la santé. Pour cette raison seule, le zinc doit être banni de la laiterie ; il en est de même des vases en cuivre et en laiton étamé. Le plomb est beaucoup employé sous forme de bassines de 10 à 12 centimètres de profondeur. C'est une erreur que de donner une profondeur aussi grande aux vases afin d'économiser la place, car la crème se sépare en moins grande quantité et elle est de qualité inférieure. Le point essentiel pour la qualité de la crème, est de la faire lever le plus promptement possible en lui offrant une couche de liquide moins épaisse à traverser, en raison de la moindre pression qui agit sur les globules.

7. — Industrie laitière.

Lait concentré. — L'industrie du lait concentré, qui a pris de si grands développements en Amérique et en Suisse, est de création relativement récente en Grande-Bretagne. Elle n'était représentée,

il y a dix ans, que par trois usines : l'une à Aylesbury ; une autre à Marlow en Irlande, et une troisième à Swindon, dans le comté de Wilts [1].

Dans les deux premières usines, le lait est évaporé dans des chaudières jusqu'à la consistance légèrement sirupeuse, que l'on épaissit avec du sucre. Dans la troisième, le lait est évaporé dans des bassines peu profondes, à une basse température, en ayant soin de tenir la surface constamment agitée par des râteaux en bois, mus par un agencement mécanique, de façon à empêcher la formation de la croûte de caséine. Lorsque le lait a atteint un certain degré de concentration, du sucre blanc fin, qu'on a préalablement fait bouillir avec du lait, pour en faire un sirop, est ajouté, et le lait est évaporé jusqu'à consistance épaisse. C'est à cet état que le lait encore chaud est renfermé dans des boîtes en fer-blanc dont le couvercle est aussitôt soudé pour en exclure l'air. Le lait ainsi condensé renferme généralement de 25 à 28 p. 100 d'eau [2].

Une grande compagnie de laiterie à Londres (*Aylesbury Dairy company*), outre le service d'approvisionnement de la métropole, a établi une fromagerie et une vaste porcherie à Swindon, où le lait est transformé en fromage et les déchets de fabrication sont utilisés par les porcs. Cette combinaison de la fabrication du fromage avec l'engraissement des porcs a été reconnue comme le moyen le plus lucratif d'utiliser le surplus du lait que n'absorbe pas la consommation journalière.

B. — Crème et Beurre.

1. — Crème.

La qualité de la crème étant d'autant meilleure qu'elle a été vite levée, il importe pour activer la séparation que les bassines soient

1. *The influence of chemical discoveries* etc. 1878.

2. M. Grandeau a fait connaître (*Temps* du 5 octobre 1886) que deux autres usines à Chippenham et Middlewich ont été depuis lors établies pour fabriquer le lait condensé. L'usine de Cham, en Suisse, qui dépend de la même compagnie « Anglo-Suisse », a annexé à cette fabrication celle du beurre et du fromage par les procédés mécaniques perfectionnés ; celle d'un produit alimentaire à base de farine et de lait pour les enfants en bas âge ; de même que des porcheries modèles contenant plusieurs centaines d'animaux.

peu profondes, car les globules de lait, pour se réunir à la surface, ont une moindre pression à vaincre. La séparation est non seulement plus rapide, mais plus complète. En outre, il est plus facile d'obtenir l'abaissement indispensable de température du lait fraîchement trait, à l'aide de vases peu profonds. Le lait qui a une température de 32 degrés quand il vient d'être trait, doit être le plus promptement possible ramené à environ 15 degrés pour que la crème se sépare dans des conditions favorables; autrement, au contact de l'air, il ne tarde pas à s'aigrir. Le lait versé dans des bassines en fer battu, peu profondes, posant sur la pierre ou le marbre, peut se garder pendant 36 et 48 heures sans s'aigrir, à la température d'environ 12 degrés. A une température basse, la densité du liquide augmentant, l'écrémage est retardé; tandis qu'au bout de 24 heures, dans les conditions indiquées, la crème s'est séparée complètement. C'est donc à tort que l'on écrème dans certaines localités, seulement lorsque le lait s'est aigri, quoique la couche de crème paraisse plus épaisse, car le beurre qui en provient est moins abondant et de qualité inférieure. Les expériences de Sannert ont démontré que pour deux quantités égales de lait fraîchement trait, écrémées, l'une après 30 heures, et l'autre après 60 heures, la différence de rendement en beurre a été, dans un cas, de 30 à 27, et dans l'autre cas, de 31 à 29; et pourtant, au bout de trente heures, la crème était moins volumineuse et moins épaisse que celle levée après 60 heures de repos.

La composition de la crème varie suivant les circonstances où elle a été produite. Des quatre analyses de crème qui figurent dans le tableau CCLXVIII, le n° 1, écrémé au bout de 15 heures, avait une densité de 1.0194 à la température de 16 degrés centigrades; deux autres crèmes indiquaient à la même température, bien qu'ayant séjourné 45 heures, des densités de 1.0127 et 1.0129. La crème riche offre d'ailleurs une moindre densité que celle en mélange avec une forte proportion de lait, comme le n° 1. L'échantillon n° 2 représente une crème de richesse moyenne, renfermant environ un quart de son poids en beurre pur.

En moyenne, on retire d'un litre de bonne crème, de 325 à 375 grammes de beurre de table. Ce rendement peut être de beaucoup

dépassé ; ainsi, M. Horsfall a constaté que les vaches de sa laiterie, quand elles étaient en pâturage, donnaient une crème rendant 400 grammes de beurre par litre ; et lorsqu'elles étaient nourries à l'étable avec du tourteau, du son et d'autres aliments oléagineux, le litre de lait rendait de 550 à 600 grammes de beurre.

TABLEAU CCLXVIII. — Composition de la crème et du lait écrémé.

	CRÈME.				LAIT ÉCRÉMÉ.		
	1	2	3	4	5	6	7
Eau	74.46	61.80	56.50	61.67	89.65	89.40	89.00
Beurre (matière grasse pure)	18.18	25.40	31.57	33.43	0.79	0.76	1.93
Caséine [1]	2.69	7.61	8.44	2.62	3.01	2.94	3.01
Sucre de lait	4.08			1.56	5.72	6.05	5.28
Matières minérales (cendres)	0.59	2.19	3.49	0.72	0.83	0.85	0.78
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	0.43	»	»	0.42	0.48	0.47	0.48

La crème qui se lève la première est toujours plus riche en beurre, surtout quand le temps est chaud ; et, en général, la crème rend d'autant plus de beurre que son volume, par rapport à celui du lait, est faible.

Dans l'expérience de M. Horsfall, par exemple, le volume de la crème rendant 600 grammes de beurre par litre, n'excédait pas 6.5 p. 100 du volume du lait. De même, Vœlcker a constaté que pour un volume de crème de 4 p. 100 seulement, par rapport à celui du lait, le rendement en beurre avait atteint 700 grammes par litre. C'est que, dans les deux expériences, l'agitation produite par le mesurage a brisé les globules dont le contenu a gagné la surface en occupant un volume moindre et constituant un mélange de beurre et de crème. Il s'ensuit que pour l'agriculteur qui vend la crème, il y a lieu d'éviter toute agitation du lait ; de même qu'il importe, pour qui fait du beurre ou du fromage, de maintenir les vaches laitières

autant que possible au repos, les mouvements violents de l'animal contribuant à séparer les matières grasses du lait dans les cellules qui avoisinent les trayons. On constate, en effet, la séparation partielle du beurre dans le lait que renferme le pis de la vache, en mélangeant le lait aussitôt trait avec de l'éther qui finit par surnager et donne en s'évaporant une proportion notable de matière grasse.

La température influe sur la séparation de la crème, mais pas au point qu'on le suppose généralement. Lorsque la température est aux environs de 10 degrés C., la plus grande partie de la crème se sépare du lait dans l'espace de 18 à 24 heures; le lait écrémé retient à peu près les 7 dixièmes p. 100 de la matière grasse. Quelque temps que l'on garde le lait au repos, on ne peut séparer complètement la crème ; il est donc inutile de le garder à la température de 10 degrés plus de 24 heures. A une température plus élevée, le volume de la crème n'augmente pas, mais la densité augmente; aussi convient-il dans les essais comparatifs de maintenir une température égale.

2. — Lait écrémé.

Privé de ses globules ou de sa crème, le lait acquiert un poids spécifique plus grand. Vœlcker, sur les deux échantillons n°s 5 et 6, dont la composition est donnée dans le tableau CCLXVIII, l'a déterminé à 1.037 et 1.0337, pour une température égale de 16.5 degrés centigrades. Quand l'écrémage est imparfaitement opéré, comme dans le lait n° 7, le liquide est naturellement plus riche en beurre.

Essais de la crémeuse de Laval. — La crémeuse centrifuge de Laval, soumise aux essais pendant le concours de la Société Royale, à Kilburn, a donné lieu à des constatations analytiques intéressantes que Vœlcker a publiées [1].

Le tableau CCLXIX reproduit les données des analyses de laits écrémés par l'appareil de Laval, tant au concours de Kilburn qu'à celui d'Islington en 1879.

1. *On the composition of cream and skim-milk obtained by de Laval's cream separator. Journ. Roy. Agric. Soc., etc.;* vol. XVI, 2e série, 1880.

TABLEAU CCLXIX. — Composition de laits écrémés : essais de la crémeuse centrifuge de Laval.

	KILBURN 1879			ISLINGTON 1879 octobre.	
	4 juillet.		8 juillet.		
	Lait crémeux.	Lait écrémé par appareil de Laval.	Lait écrémé par appareil de Laval.	Lait écrémé par procédé usuel.	Lait écrémé par appareil de Laval.
	1	2	3	4	5
Eau	87.72	90.71	90.49	89.25	90.82
Matière grasse (beurre)	3.45	0.22	0.46	1.12	0.31
Caséine [1]	3.12	3.31	3.01	3.69	3.31
Sucre de lait	5.11	5.12	5.31	5.16	4.77
Matières minérales (cendres)	0.60	0.64	0.73	0.78	0.79
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	0.50	0.53	0.48	0.59	0.53

Le lait n° 1, écrémé par les procédés usuels, renferme trois quarts p. 100 de beurre, tandis qu'écrémé par l'appareil de Laval, n° 2, il n'en contient qu'un quart à peine p. 100 ; c'est-à-dire, que sur une quantité de 3.5 p. 100 de beurre dans le lait crémeux, 3.25 p. 100 passent dans la crème. Dans un deuxième essai du 8 juillet, à Kilburn, l'écrémage par l'appareil ne fut pas aussi parfait ; la proportion de beurre restant dans le lait écrémé s'est élevée à près de 1/2 p. 100, mais la crème pour beurre était spécialement riche, comme le montre l'analyse suivante :

Eau	66.12
Matière grasse (beurre)	27.69
Caséine [1]	2.69
Sucre de lait	3.03
Matières minérales (cendres)	0.47
	100.00
1. Contenant azote	0.43

La comparaison du lait écrémé à Islington, par les procédés usuels et par l'appareil de Laval, confirme la supériorité de la crémeuse

centrifuge qui laisse quatre fois moins de matière grasse dans le lait.

3. — Fabrication du beurre.

Dans la conférence que Vœlcker fait à l'exposition de laiterie, tenue à Derby en 1881, il insiste sur l'inutilité de tenter la fabrication du beurre de premier choix avec du lait doux sans séparation de crème, car il est impossible de diviser la matière grasse et la caséine de telle sorte que cette dernière ne donne un goût de fromage au beurre, et il se prononce contre l'emploi de la crème sûre.

L'importance de la propreté des mains du marcaire, pour la traite du lait, est capitale. Si le lait a été corrompu à sa source, tous les soins ultérieurs ne pourront pas y remédier. Il convient d'amener le plus promptement possible à la température de 12 à 14 degrés centigrades le lait qui vient d'être trait, en recourant aux vases profonds, plongeant dans l'eau, soit qu'on adopte le système de réfrigérants américains (Cooley) avec submersion complète, ou le système suédois (Swartz) avec immersion partielle.

Le barattage de la crème devra s'opérer sans trop de rapidité et régulièrement, de façon à obtenir de 45 à 50 tours par minute. Il y a lieu d'éviter de trop fréquents lavages ou malaxages du beurre dans la baratte, pour ne pas diminuer la qualité.

Après le premier écrémage du lait, on devra ajouter un sixième du volume d'eau pure et froide, au cas où on le garde encore douze heures pour écrémer une seconde fois[1].

Réfrigérant Swartz. — Au concours des instruments de laiterie à Bristol, en 1879, Vœlcker avait été chargé de mettre en expérience le système de réfrigérants Swartz[2]. Le 8 juillet, à 11^{h},45 du soir, 163 litres de lait furent versés dans les vases à écrémer, entourés d'eau, d'après les indications Swartz, la température étant de 18°5 centigrades. Le lendemain, à 7 heures du matin, la température du

1. *Report on the Working Dairy at the Derby show, by Herbert J. Little; Journ. Roy. Agric. Soc. of England,* XVII, part II, 1881.

2. *Report on the trial of Dairy implements and machinery at Bristol; Journ. Roy. Agric. Soc. of England,* XV, part 1, 2e série. 1879.

lait s'était élevée à 22°,5, c'est-à-dire de 4 degrés. On ajouta des morceaux de glace dans le bain où plongeaient les vases, et après une heure, la température baissa à environ 9 degrés. Le surlendemain, grâce à un thermomètre à maximum et minimum, on maintint la température par l'addition de glace entre 15°,5 et 18° centigrades, et le 11 juillet seulement, à midi et demi, on écréma le lait marquant 18 degrés.

Le 10 juillet, la crème était parfaitement neutre; le 12, elle n'agissait pas encore sur le papier bleu de tournesol pour le rougir, de telle façon que par les réfrigérants Swartz le lait avait pu se conserver pendant 84 heures sans que la moindre trace d'acidité fût constatée. La crème, d'une saveur des plus délicates, fut barattée le 11, et fournit un beurre de premier choix, d'une pâte et d'une saveur des plus fines, dont Vœlcker a donné l'analyse suivante :

Eau	13.26
Caséine	0.92
Beurre pur	85.70
Matières minérales	0.12
	100.00

Essais de barattage. — Pour les essais de barattes, dans le même concours, le lait employé avait une pesanteur spécifique de 1.031, à la température de 19 degrés centigrades. Versé dans une grande jatte, il fut agité convenablement avant d'être réparti entre les concurrents, mais au bout d'un quart d'heure une séparation partielle de la crème s'opéra. Un échantillon prélevé à la partie supérieure de la jatte, donna un volume, après 12 heures, de 15 p. 100 de crème, le lait marquant 17 degrés. Un deuxième échantillon prélevé au fond ne donna que 4 p. 100 de crème. Ces faits sont rapportés pour prouver l'influence de la séparation rapide de la crème sur la différence en beurre que peuvent produire les diverses barattes, mises en parallèle. On ne peut l'éviter qu'en distribuant en plusieurs fois la quantité de lait nécessaire, à tour de rôle, et en prenant des échantillons dans chaque baratte après quelques tours, pour s'assurer de la condition égale du lait soumis à l'opération. Les onze échantillons recueillis dans des éprouvettes, au concours de Bristol,

ont donné à Vœlcker les résultats consignés dans le tableau CCLXX, qui attestent une composition égale, puisque le plus grand écart, dans un seul cas, a été d'un demi p. 100.

A la réception, le lait rendait 11 p. 100 de crème, mais après l'agitation qui avait précédé sa distribution aux concurrents, le volume se réduisit à 7 p. 100.

Après barattage, 4 échantillons de lait crémeux ayant servi à la fabrication du beurre, donnèrent encore 4 p. 100 de crème. Dans les autres barattes, on avait employé de l'eau froide ou de la glace.

Si l'on consulte les données des essais de barattage, groupées dans le tableau CCLXX, on reconnaîtra que la qualité du lait étant exceptionnellement satisfaisante, la quantité de beurre obtenue par les 11 barattes de divers systèmes, variable entre 1.241 et 2.117, est bien médiocre. Ces essais confirment ainsi l'avis qu'il n'est guère possible d'extraire du lait doux plus de moitié de beurre fin et que la pratique usuelle qui consiste à baratter le lait acide, sacrifie la qualité à la quantité. Dans une laiterie bien installée, jouissant d'une température égale de 18 degrés centigrades, le lait devrait reposer 36 heures et être écrémé trois fois, c'est-à-dire, toutes les 12 heures. La crème étant barattée régulièrement chaque jour, on obtient ainsi non seulement la quantité maximum, mais la meilleure qualité de beurre. Si l'on peut utiliser le lait écrémé et le lait baratté, tout en fabriquant un beurre de première marque, on réalise le plus gros bénéfice que peut donner la laiterie.

Telles sont les conclusions auxquelles Vœlcker arrive, d'accord avec M. G. Murray, le juge du concours de Bristol.

C. — Fromage.

En se reportant aux analyses de lait de vache qui sont groupées dans le tableau CCLVII, on constate combien varie la proportion de matière grasse pure ou de beurre, par rapport aux autres éléments constitutifs du lait. Il semble que la quantité et la qualité des aliments, de même que les autres circonstances qui influent sur la

TABLEAU CCLXX. — Essais de fabrication de beurre avec du lait doux au concours de Bristol (1879).

NUMÉROS des barattes.	LAIT DOUX avant barattage. Crème p. 100.	LAIT DOUX avant barattage. Température du lait.	LAIT DOUX après barattage. Crème p. 100 après 12 heures.	LAIT DOUX après barattage. Température du lait.	FABRICATION DU BEURRE. Quantité de lait en litres.	Température.	Vitesse (nombre de tours).	Durée du barattage.	Poids de beurre au sortir des barattes.	Poids de beurre après 1er malaxage.	Poids de beurre après 2e malaxage.	Poids de beurre Total p. 100.
	9 juillet		10 juillet				p. minute	minutes	kil.	kil.	kil.	
2088	7	17°	4	19°5	45.4	17°5	102	39	0.610	0.580	0.580	1.241
1953	7,25	18	»	»	72.7	17 5	42	61	1.363	1.348	1.334	1.933
6316	7	17	»	»	45.4	17 5	44	101	0.772	0.772	0.765	1.640
4023	7	17	»	»	36.3	17 5	48	58	0.651	0.610	0.594	1.679
1813	7	18	»	»	90.8	17 5	43	56	1.674	1.618	1.618	1.843
1971	7,5	17 5	»	»	90.8	17 5	44,5	49	1.575	1.533	1.501	1.750
2317	7	16 5	»	»	90.8	16 5	42	66	1.454	1.447	1.419	1.656
1904	7	17 5	4	19°	181.7	16 5	29	81	2.918	2.890	2.876	1.593
2022	7	17	»	»	181.7	16 5	36	45	3.273	3.131	3.097	1.726
2018	7	17 5	4	19°	181.7	16 5	31	60	3.159	3.046	3.032	1.679
2116	7	16 5	4	19 5	181.7	16 5	120	40	3.882	3.839	3.825	2.117

composition du lait, exercent principalement leur action sur la teneur en matière grasse. Or, comme cette matière grasse est l'élément principal du fromage et qu'un kilogramme de beurre suffit pour fabriquer 2 kilogr. de fromage livrable au commerce, on comprend que, dans une ferme, on puisse obtenir d'une même quantité de lait, plus de crème, et par conséquent, plus de beurre et de fromage, avec un nombre égal de vaches, que dans une autre, suivant la richesse de l'herbage, l'alimentation fournie aux animaux, et aussi, suivant l'écrémage[1].

Les analyses n°s 2, 3 et 4 (tableau CCLVII) de trois laits provenant de la même ferme, serviront à justifier l'observation faite par les fromagers qu'en automne, lorsque l'herbe devient plus rare, le volume de lait diminue considérablement; mais le poids de fromage que l'on peut fabriquer avec ce lait est beaucoup plus fort que celui obtenu avec du lait de printemps ou d'été. Ainsi, le lait n° 4 du mois d'août renferme à peine 3.5 p. 100 de beurre pur et 3 p. 100 de caséine en nombres ronds; tandis que le lait n° 3 du mois de septembre renferme environ 4 p. 100 de beurre pur et 3.5 p. 100 de caséine, et celui de novembre, n° 2, titre 5 p. 100 de beurre pur et un peu plus de 3.6 p. 100 de caséine. Le lait du mois de novembre renferme donc 1.5 p. 100 de beurre et 0.6 de caséine de plus que celui du mois d'août. Cette augmentation ne doit pas être considérée autant sous le rapport du liquide que de la matière solide, qui, de 12.60 p. 100 atteint 14.80; car dans la fabrication du fromage, le sucre de lait et les matières minérales passent pour la plus grande partie dans le petit-lait. En somme, le rapport effectif entre les deux laits est, pour le beurre ajouté à la caséine, de 5 et demi à 8 et demi; en d'autres termes, le lait de novembre donne 55 p. 100 d'excédent de matières sèches pour la fabrication du fromage, et comme le fromage bien fabriqué renferme environ un tiers de son poids d'eau, l'excédent de 55 p. 100 devient avec son poids d'eau 83 p. 100. Un litre de lait de novembre, n° 2, servira ainsi à produire près du double de fromage de bonne vente.

En général, dans le lait riche, la proportion de beurre par rap-

1. *Composition of cheese. June,* 1861.

port à la caséine est plus élevée que dans le lait moyen. Dans le lait pauvre, au contraire, la proportion de caséine est plus élevée.

L'alimentation exerce, toutes circonstances égales d'ailleurs, une influence considérable sur la quantité et la qualité du lait ; aussi, l'opinion généralement accréditée que certains pâturages riches fournissent toujours du bon fromage, tandis que d'autres en donnent de moins bon, quelques soins et quelque habileté que l'on y apporte, a-t-elle une certaine raison d'être ; mais ce serait une erreur absolue de croire que l'on ne peut fabriquer du bon fromage que dans certaines localités, à cause des pâturages. Vœlcker, d'accord avec M. Harding, émet l'avis qu'on peut faire du fromage de choix, même celui qui se vend partout le plus cher, quel que soit l'herbage, quand on dirige avec intelligence et discernement la fabrication. Si, indépendamment de certaines qualités de goût inhérent au terroir, le fromage est fabriqué suivant telle ou telle méthode, il acquiert plus ou moins les caractères et la qualité du produit que l'on recherche ou que l'on veut imiter. C'est surtout une question de soins et de bonne manipulation.

Les vieux pâturages, d'après Vœlcker, c'est M. Willard qui l'écrit à l'*Utica-Herald*[1], sont bien supérieurs aux prairies nouvellement établies, sous le rapport de la qualité du lait que fournissent les vaches. Les herbes les plus succulentes abondent seulement dans les pâturages à gazon d'ancienne date. Quand on installe une prairie et que l'on engraisse à l'aide du fumier, on obtient une foule d'herbes susceptibles de fournir beaucoup de lait, mais du lait de qualité médiocre pour le fromage qui manque d'arome et n'a pas la propriété de se conserver.

1. — Fromages anglais.

Le fromage anglais est produit, soit avec du lait auquel on ajoute une certaine dose de crème, qui donne les fromages crémeux ; soit avec du lait naturel, sans addition, qui fournit les fromages tout lait ; soit enfin avec du lait dont a séparé plus ou moins la crème

1. *A talk on cheese making : Farmer's magazine,* XXXI, 3e série, 1867.

avant d'y introduire la présure, qui correspond aux fromages maigres ou de lait écrémé.

La première espèce de fromage est un article de luxe; la seconde est d'un usage plus répandu, et la troisième surtout, forme un article de consommation des plus importants pour les classes ouvrières.

A la première espèce se rattachent le Stilton, le Cheddar crème et les qualités superfines de Cocherstone, ou Stilton du Yorkshire. En raison de leur qualité extra, ces fromages, fabriqués en quantité limitée par quelques producteurs de renom, ont un prix de fantaisie plus ou moins élevé.

La seconde espèce comprend la meilleure variété de Chester, quelques variétés de Cheddar, le double Glocester, la plupart des fromages de la vallée de Berkeley et, en général, les fromages tout lait du Wiltshire et des autres comtés de l'Angleterre.

Dans la troisième espèce se classent les fromages simples des comtés de Chester, de Gloucester, de Wilt, de Warwick, de Shrops, de Leicester et ceux des districts où la fabrication du beurre est associée à celle du fromage.

Cette division est toutefois assez arbitraire, car en réalité la richesse du mélange compense médiocrement la pauvreté du produit naturel.

L'habileté de la fromagère consiste surtout à confectionner, avec un lait médiocrement riche en crème, un fromage riche au goût et à l'œil et d'une saveur fine.

La proportion de beurre qu'il contient ne détermine pas entièrement la valeur du fromage. Quoique due jusqu'à un certain point au beurre contenu, la qualité fondante du fromage dépend surtout du soin apporté à la transformation graduelle que subit la caséine, avec le temps. En tous cas, l'excès de sel gâte le fromage. Un kilogr. de sel par 50 kilogr. de fromage représente un maximum; la plupart du temps 750 grammes suffisent amplement.

Pour en revenir à la division des fromages anglais, il convient de remarquer que souvent les fromages de Chester et de Cheddar de meilleure qualité, sont aussi bons et aussi riches en beurre que le Stilton. De même, dans quelques laiteries, arrive-t-on à fabriquer par le mélange du lait pur du matin avec le lait écrémé du soir, un

meilleur produit que dans d'autres laiteries, avec du lait pur de la journée. Le fromage fait avec du lait écrémé est presque aussi nourrissant que l'autre ; il devient dur et se garde aussi longtemps. La classification se réfère donc à la description du lait employé plutôt qu'à la qualité et au prix des fromages.

Sans tenir compte des classes, Vœlcker a donné des analyses d'un grand nombre de fromages anglais par espèces, en les accompagnant d'observations sur leur mode de fabrication, leur pâte et leur aspect. Ces analyses ont été groupées dans le tableau CCLXXI.

Stilton : nos 1 et 2. — Les deux premières analyses se rapportent au fromage de Stilton ; le n° 2, qui est du vieux Stilton, renferme 12 p. 100 d'eau en moins que le n° 1 ; 6.62 p. 100 de beurre en plus et 0.60 de moins de sel marin. Malgré sa plus faible teneur en sel, le fromage vieux a un goût salé bien plus prononcé. Il arrive en effet que, pendant la maturation, une partie de la caséine ou du caillé se décompose partiellement en ammoniaque qui se combine avec divers acides gras fournis par le beurre. Les sels ammoniacaux qui en résultent ont une saveur piquante, caractéristique, qui s'accroît avec la durée du magasinage. Quand il est bien fait et bien conservé, le fromage le plus vieux ne contient pas d'ammoniaque à l'état libre ; il offre une réaction franchement acide ; au contraire, le fromage pourri renferme de l'ammoniaque libre et est alcalin. Dans l'échantillon n° 2, le dosage d'ammoniaque a donné quantitativement 1.81 p. 100.

Cotherstone : nos 3 et 4. — Le Cotherstone, ou Stilton du comté de York, est très estimé dans les comtés de Durham et d'York, mais n'est pas comparable comme goût avec les fromages de Stilton, ni avec ceux de premier choix du Cheshire ou de Cheddar. Renfermant beaucoup plus d'eau que le Stilton frais, il a une pâte douce et d'un aspect onctueux, mais la proportion de beurre y est plus faible. La saveur forte et âcre, de même que l'odeur, du Cotherstone qui le fait ressembler au Roquefort, provient de la quantité de petit-lait dont la pression mécanique n'a pas purgé le caillé.

Chester : nos 5 et 6. — Le Chester, comme le Cheddar, est fabriqué avec tout le lait du jour et généralement une fois par jour. Le n° 5 s'applique à un fromage mûr et le n° 6 à un fromage frais, tous deux de bonne qualité.

TABLEAU CCLXXI. — Composition des fromages anglais gras et demi-gras.

	STILTON		COTHERSTONE		CHESTER		CHEDDAR					
					vieux.	frais.	vieux.	5 mois.	6 mois.	6 mois.		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Eau	32.18	20.27	38.28	38.23	32.59	36.96	30.32	36.17	31.17	33.92	37.85	38.43
Beurre (matières grasses pures)	37.36	43.98	30.89	29.12	32.51	29.34	35.53	31.83	33.68	33.15	28.91	23.28
Caséine [1]	21.31	33.35	23.93	24.38	26.06	24.08	28.18	24.93	26.31	28.12	25.00	32.37
Sucre de lait et matières extractives	2.22		3.70	2.76	4.53	5.17	1.66	3.21	4.91	0.96	4.91	2.10
Matières (cendres) minérales [2]	3.93	2.20	3.20	5.51	4.31	4.45	4.31	3.86	3.93	3.85	3.33	3.82
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	3.89	»	3.83	3.90	4.17	3.84	4.51	3.99	4.21	4.50	4.00	5.18
2. Contenant chlorure de sodium	0.89	0.29	0.79	2.55	1.59	1.91	1.55	1.18	1.15	1.23	0.52	0.65

TABLEAU CCLXXI (*suite*). — Composition des fromages de Gloucester.

	GLOUCESTER DOUBLE.						GLOUCESTER SIMPLE.						
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Eau	32.44	32.80	38.83	38.14	40.88	33.41	28.10	31.96	37.20	31.81	32.42	37.91	36.50
Beurre	30.17	27.22	26.77	24.16	22.81	32.69	33.68	31.37	27.30	29.26	27.42	22.70	28.75
Caséine [1]	31.75		26.25	26.56		27.75	30.31	29.37	24.50	26.12		31.25	25.75
Sucre, acide lactique et matières		34.76			31.88						34.46		
extractives	1.22		3.18	6 40		2.23	3.72	2.85	7.44	8.63		3.30	4.68
Matières minérales (cendres) [2]	4.42	5.22	4.97	4.74	4.43	3.92	4.19	4.45	3.56	4.18	5.70	4.81	4 32
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	5.12	»	4.20	4 25	»	4.44	4.85	4.70	3.92	4.18	»	5.00	4.12
2. Contenant sel marin	1.41	1.27	2.04	1.28	1.45	1.01	1.12	1.35	0,85	1.50	1.46	1.23	1.38

TABLEAU CCLXXI (*suite*). — Composition des fromages anglais demi-gras.

	LEICESTER.		WARWICK.			WILTS.		
	26	27	28	29	30	31	32	33
Eau	35.21	32.89	31.97	33.61	33.53	34.44	39.22	40.07
Beurre	27.28	29.28	29.08	30.04	30.89	28.71	19.26	25.55
Caséine [1]	27.93	29.06	27.43	29.70	28.19	29.00	31.22	26.81
Sucre de lait, acide lactique, matières extractives	5.51	4.42	7.16	1.95	2.84	3.60	2.28	2.24
Matières minérales (cendres) [2]	4.04	4.36	4.35	5.60	4.55	4.25	5.02	5.33
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	4.47	4.65	4.39	4.74	4.51	4.64	5.38	4.29
2. Contenant sel marin	1.03	1.21	0.72	2.78	1.12	1.03	0.60	1.41

TABLEAU CCLXXI (*suite*). — Composition des fromages anglais maigres et divers américains.

	FROMAGES MAIGRES (LAIT ÉCRÉMÉ).					FROMAGES AMÉRICAINS.			
	6 mois. 34	6 mois. 35	6 mois. 36	37	38	39	40	41	42
Eau	27.68	39.43	38.39	43.87	45.39	27.29	33.04	31.01	38.24
Beurre	30.80	27.08	23.21	15.89	9.97	35.41	33.38	30.90	26.05
Caséine [1]	35.12	30.37	28.37	28.93	33.12	25.87	27.37	26.25	26.81
Sucre, acide lactique, matières extractives	1.46	0.22	6.80	6.47	6.39	6.21	2.82	7.43	3.64
Matières minérales (cendres) [2]	4.94	2.90	3.23	4.84	5.13	5.22	3.39	4.41	5.26
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	5.62	4.86	4.54	4.63	5.34	4.14	4.38	4.20	4.29
2. Contenant sel marin	1.27	0.23	0.33	1.66	1.51	1.97	0.47	1.59	1.94

Cheddar : nos 7 à 12. — Les échantillons 7, 8 et 9 de Cheddar se rapportent à des fromages de 11 mois et de 5 à 6 mois de garde. L'aspect riche du fromage vieux ne dépend pas uniquement de la plus grande quantité de beurre ; l'habileté du fromager consiste à obtenir, à l'aide de lait d'une teneur moyenne en beurre, une pâte moelleuse, d'une saveur délicate et d'un fin arome. L'échantillon n° 10, bien que fabriqué depuis 6 mois, paraît, à cause de la supériorité de sa fabrication, bien supérieur au n° 7, âgé de 11 mois et renfermant 2.5 p. 100 de beurre en plus. C'est qu'en effet la maturation, autant que la qualité du caillé, joue un grand rôle dans la qualité moelleuse et aromatique du produit. Il est indispensable, pour obtenir cette qualité, que la caséine, qui est dure et insoluble dans l'eau, acquière graduellement la mollesse et la solubilité voulues, en donnant naissance aux combinaisons solubles dans l'eau.

Le Cheddar de qualité inférieure (n° 12) renferme naturellement moins de beurre et plus de caséine que les échantillons précédents.

Gloucester double et simple : nos 13 à 25. — Quoique vendu comme fromage tout lait, le fromage de Gloucester, surtout double, est rarement fabriqué avec le lait frais et crémeux du jour. Dans la plupart des fromageries, on met en beurre une plus ou moins grande quantité de la crème, c'est-à-dire, que le lait du soir préalablement écrémé est ajouté au lait frais de la traite du matin.

Les différences que présentent les treize analyses rapportées par Vœlcker, sous le rapport de l'eau et du beurre, sont très sensibles. En général, plus le fromage est pauvre en beurre et plus il renferme d'eau. Entre le fromage double et le fromage simple de Gloucester, la différence de qualité est nulle, car les nos 13 et 18 (double) et les nos 19, 20 et 22 (simple) sont aussi butyreux que les meilleurs choix de Cheddar et de Chester, bien que cotés à des prix moins élevés.

Leicester et Warwick : nos 26 à 30. — Le fromage de bonne qualité que l'on fabrique dans les comtés de Leicester et de Warwick, est rare ; le plus souvent, il n'approche pas des précédentes espèces ; il est presque toujours incolore.

Le n° 27, plus sec et plus riche que le n° 26, représente un bon fromage courant du Leicestershire. Le n° 29 du Warwick se distin-

gue par sa teneur en sel marin qui excède de beaucoup la dose usuelle ; il a du reste une âcreté spéciale, tandis que le n° 30, par sa pâte, autant que par le goût, lui est infiniment supérieur. De même, le n° 28, moins butyreux que le suivant, mais plus vieux et d'aspect plus riche, se cote parmi les premiers choix.

Wiltshire : nos 31 à 33. — Quelques gras pâturages du comté de Wilts fournissent un fromage aromatisé excellent, mais le plus souvent on n'y fabrique pas de produit tout lait, car le lait est écrémé pour beurre. Comme dans le Gloucestershire, il est d'usage de colorer le fromage en rouge au moyen du roucou.

Le n° 31, de beaucoup le plus riche des trois échantillons analysés, est aussi de meilleur goût ; les nos 32 et 33, trop chargés d'eau, et par conséquent mal pressés, proviennent sans aucun doute de lait écrémé.

Fromages maigres : nos 34 à 38. — En général, le lait écrémé ne donne pas de bon fromage, quoique dans certaines fermes on obtienne un meilleur produit du lait écrémé, que dans d'autres où le lait, écrémé du soir, est ajouté à la traite de lait crémeux du matin.

Sauf le n° 37, les autres échantillons analysés s'appliquent à des fromages fabriqués sous la direction ou d'après les instructions de Vœlcker. Le n° 34, entre autres, obtenu à l'aide de lait écrémé, correspond comme qualité au bon Chester. Les numéros suivants, également âgés de 6 mois, sont de bons fromages courants, auprès desquels les nos 37 et 38, renfermant seulement 16 et 10 p. 100 de beurre et de 44 à 46 p. 100 d'eau, sont très inférieurs et ne peuvent se conserver longtemps en magasin sans durcir, au point d'être cassés au marteau pour être utilisés.

Fromages américains : nos 39 à 42. — Les fromages façon anglaise que l'on importe des États-Unis en Grande-Bretagne, sont le plus souvent mal fabriqués et insipides, mais ils se vendent à bas prix. Le fromage analysé n° 39 est une exception ; moins aqueux que le bon Cheddar et plus riche en beurre, il est très savoureux. Les autres échantillons, surtout le n° 42 à odeur pénétrante, rempli de cavités, indiquent une fabrication défectueuse.

2. — Fabriques de fromages.

La première usine pour la fabrication du fromage en grand s'est établie à Derby en 1870. Depuis lors, jusqu'en 1878, une vingtaine d'autres usines se sont construites dans cinq différents comtés de l'Angleterre; elles sont en état de pouvoir traiter le lait de 6 000 vaches[1].

L'expérience acquise a justifié complètement les espérances de ceux qui ont les premiers introduit le système américain de la grande fabrication sous le rapport industriel et commercial; elle ne peut que concourir à son extension.

Dans la plupart des usines, c'est l'espèce, dite de Cheddar, qui est fabriquée; c'est du reste le procédé qui, s'accordant pleinement avec les règles scientifiques, est assuré du plus grand succès. En raison de la séparation plus uniforme et plus systématique de la caséine par une présure de même force, du traitement à une température définie et de l'attention avec laquelle on peut surveiller l'aération pour la maturité et la conservation des produits, moyennant une température uniforme, le fromage de Cheddar fabriqué en grand est généralement d'une qualité supérieure à celle du fromage des laiteries domestiques.

Outre l'économie qui résulte de la production de fromage de premier choix, les usines, qui épargnent beaucoup de travail et d'embarras dans l'exploitation, offrent aux fermiers qui vendent leur lait l'occasion de disposer de l'excédent de production à certaines époques de l'année, de la manière la plus facile et la plus profitable.

3. — Essais de fabrication.

Dans les exploitations herbagères où le lait n'est ni vendu, ni employé à l'engraissement des veaux, la question se pose de savoir s'il convient :

1. De fabriquer du fromage avec la totalité du lait produit;

2. D'écrémer une partie du lait pour la fabrication du beurre, et d'ajouter le lait écrémé à du lait frais, pour fabriquer du fromage ;

---

1. *The influence of chemical discoveries, etc.* 1878.

3. D'écrémer la totalité du lait pour faire du beurre avec la crème, et du fromage avec le lait non crémeux ;

4. D'écrémer la totalité du lait, en réservant une partie de la crème pour l'ajouter à du lait frais dont on fabrique des fromages extra-riches, et de fabriquer du fromage maigre avec le reste du lait écrémé ?

Quel est le plus économique des quatre procédés énumérés ? Vœlcker a cherché la solution dans des essais qu'il a conduits d'une part, à Wall's Court, dans la laiterie Proctor, et d'autre part, dans la laiterie Harrison, Frocester Court, à Stonehouse [1].

a. — *Essais sur le fromage façon Cheddar* (1860).

Les fromages mis en expérience à Wall's Court ont été fabriqués suivant le même procédé usité dans la laiterie, chacun à l'aide de 147 litres de lait provenant de la traite du matin, et de 147 litres de la traite du soir.

Aussitôt après la traite du matin, on mélangeait le lait du matin avec celui du soir précédent, pour l'introduire dans le récipient en fer battu, à double fond, pouvant recevoir à volonté de la vapeur ou de l'eau froide. La température étant graduellement amenée à 27 degrés centigrades, on y introduisait la dose voulue de présure et on recouvrait le récipient d'un linge afin de laisser reposer pendant une heure. La présure de bonne qualité doit, à cette température, coaguler le lait en trois quarts d'heure, une heure au plus. Si la coagulation ne s'opère pas dans ce laps de temps, le caillé est trop mou et sépare du petit-lait avec déperdition de beurre et en nuisant à la qualité du fromage. Si, au contraire, la coagulation a marché trop vite, le fromage peut sûrir et durcir ; c'est ce qui a lieu quand la présure est trop forte. Aussi importe-t-il, dans des essais comparatifs, de s'assurer de la force de la présure et d'employer la même présure.

Le caillé formé, on le divisait, pour laisser reposer encore une demi-heure ; puis on élevait graduellement la température jus-

1. *Cheese experiments ; Journ. Roy. Agric. Soc. of England,* XXIII, 1re série, 1862.

qu'à 42 degrés, par admission de vapeur, en agitant lentement le caillé et le petit-lait avec une spatule en fer, pendant près d'une heure à cette même température. Le caillé se trouve alors divisé en fragments de la grosseur d'un pois. Après soutirage du petit-lait, le caillé est résistant et s'agglomère facilement, de façon à pouvoir être débité en larges tranches que l'on retourne plusieurs fois de suite et que l'on laisse égoutter pendant une demi-heure. Dès qu'il est sec et refroidi, le caillé est soumis à la presse, puis brisé à la main en petits fragments, et additionné d'un peu de sel marin.

La cuve à fromage où l'on dépose le caillé, débité en fragments et salé, est recouverte d'une toile sur laquelle on retourne la cuve pour en déverser le contenu. On renouvelle cette manipulation plusieurs fois de suite avant de soumettre à la presse le fromage, qui est prêt dès le sixième jour.

L'appareil à vapeur pour la cuisson sert à maintenir également la température dans la salle ; mais il demande à être conduit très prudemment afin de ne pas surchauffer le caillé. De même faut-il avoir soin d'agiter constamment pour empêcher toute adhérence du caillé au fond de l'appareil sous lequel la vapeur est introduite ; sans cela, le caillé se liquéfie, empêche la distribution égale de la chaleur dans la masse, et la pâte, n'étant plus homogène, acquiert une texture, une maturation et une qualité irrégulières qui déprécient le fromage.

Pour préparer la présure nécessaire aux essais, on débitait un demi-citron en tranches, que l'on saupoudrait de 150 grammes de sel ; on versait dessus 1 litre d'eau bouillante et l'on recouvrait le vase pour y retenir la vapeur. Le liquide refroidi, on y introduisait une caillette fraîche, et on laissait reposer pendant deux jours, au bout desquels on filtrait sur une toile. La présure ainsi préparée suffit pour coaguler 2,700 litres de lait, et peut se conserver quelques mois.

Les résultats des essais de fabrication du fromage, façon Cheddar, dans la laiterie de Wall's Court, sont rapportés dans le tableau CCLXXII pour deux séries identiques, dont la première s'est pratiquée en date du 11 août, et la seconde en date du 21 août 1860.

Première série. Essai I. — Le lait pur du soir mélangé avec le

TABLEAU CCLXXII. — Essais de fabrication de fromages Cheddar.

	I FROMAGE TOUT LAIT.			II FROMAGE PARTIE ÉCRÉMÉ.			III FROMAGE ÉCRÉMÉ.			IV FROMAGE EXTRA-RICHE.		
	Lait pur matin et soir.	Petit-lait.	Fromage de 8 mois.	Lait pur et lait écrémé.	Petit-lait.	Fromage de 10 mois.	Lait écrémé.	Petit-lait.	Fromage de 8 mois.	Crème et lait pur.	Petit-lait.	Fromage de 11 mois.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Eau	87.30	93.25	37.85	87.89	92.85	32.88	89.00	93.15	39.43	85.75	92.95	30.53
Beurre	3.75	0.26	28.91	3.12	0.29	29.25	1.93	0.14	27.08	6.11	0.65	41.58
Matières albuminoïdes [1]	»	0.91	»	»	0.93	»	»	0.91	»	»	1.20	»
Caséine [1]	3.31	»	25.00	2.94	»	29.87	3.01	»	30.37	2.94	»	23.38
Sucre de lait	4.86	4.70	»	5.29	5.03	»	5.28	5.06	»	4.47	4.55	»
Matières extractives, etc.			4.91			4.92			0.22			2.45
Acide lactique	»	(0.60)		»	(0.48)		»	(0.48)		»	(0.48)	
Matières minérales (cendres) [2]	0.78	0.88	3.33	0.76	0.90	3.08	0.78	0.74	2.90	0.73	0.65	2.06
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	0.53	0.166	4.00	0.47	0,168	4.78	0.48	»	4.86	0.47	»	3.74
2. Contenant sel marin	»	»	0.52	»	»	0.29	»	»	0.23	»	»	0.09
Perte en poids du fromage depuis sa sortie de la presse	»	»	9 %	»	»	7 %	»	»	13 %	»	»	12,5 %

TABLEAU CCLXXII (*suite*). — Essais en duplicata de fabrication de fromages Cheddar.

	V FROMAGE TOUT LAIT.			VI FROMAGE PARTIE ÉCRÉMÉ.			VII FROMAGE ÉCRÉMÉ.			VIII FROMAGE EXTRA.	
	Lait pur. 1 *bis*	Petit-lait. 2 *bis*	Fromage de 6 mois et demi. 3 *bis*	Lait pur et lait écrémé. 4 *bis*	Petit-lait. 5 *bis*	Fromage de 6 mois. 6 *bis*	Lait écrémé. 7 *bis*	Petit-lait 8 *bis*	Fromage de 6 mois. 9 *bis*	Crème et lait pur. 10 *bis*	Petit-lait. 11 *bis*
Eau	87.00	92.80	31.70	88.50	93.05	38.43	89.10	93.10	38.39	86.73	92.95
Beurre	3.99	0.59	36.18	2.43	0.10	23.28	2.31	0.14	23.21	4.81	0.42
Matières albuminoïdes [1]	»	0.91	»	»	0.95	»	»	0.76	»	»	1 01
Caséine [1]	3.44	»	27.19	3.25	»	32.37	3.50	»	28.37	2.69	»
Sucre de lait	4.81	5.01	»	5.03	4.96	»	4.32	5.31	»	5.01	4.95
Matières extractives, etc.			1.95			2.10			6.80		
Acide lactique	»			»			»	(0.46)		»	
Matières minérales (cendres) [2]	0.76	0.66	2.98	0.79	0.64	3.82	0.77	0.69	3.23	0.76	0.67
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	0.55	»	4.35	0.52	»	5.18	0 56	»	4.54	0.43	»
2. Contenant sel marin	»	»	0.34	»	»	0.65	»	»	»	»	»
Perte en poids du fromage depuis sa sortie de la presse	»	»	7,25 °/o	»	»	7,50 °/o	»	»	6,5 °/o	»	»

lait pur du matin, et traité comme il a été dit, a laissé un petit-lait parfaitement limpide, ne renfermant pas de caillé. Quoique limpide, il contient en dissolution une quantité notable d'albumine ou d'un composé albuminoïde qui figure avec la caséine dans l'analyse du lait pour un quart ou un tiers du chiffre dosé. La présure ne précipite pas cette albumine; elle ne se dépose qu'en chauffant le petit-lait à 100 degrés centigrades; ce qui détériorerait le fromage.

Le petit-lait, d'après l'analyse, a une valeur nutritive telle qu'on doit éviter de le perdre. En mélange avec de la farine d'orge, il constitue un excellent aliment pour l'engraissement des porcs. A 295 litres de lait correspondent 265 litres de petit-lait.

Le fromage, mûr le 14 décembre 1860, a été analysé le 17 avril 1861. Du 17 août, au sortir de la presse, jusqu'au 17 avril suivant, c'est-à-dire pendant 8 mois, son poids avait diminué de $27^{k},89$ à $25^{k},39$, soit de $2^{k},50$ ou de 9 p. 100 environ.

Essai II. — Le lait du matin ayant séjourné 36 heures, fut mélangé avec le lait du soir écrémé, après un repos de 24 heures. On retira des 195 litres de lait du soir $5^{lit},7$ de crème qui fournit 4 kilogr. de beurre. Les 295 litres de mélange de lait fournirent 259 litres de petit-lait.

Quant au fromage, analysé après 10 mois de magasinage, il avait perdu 5 p. 100 en eau de plus que celui de l'essai précédent. En 8 mois, son poids s'était réduit de 23 à 19 kilogr., soit de 4 kilogr. ou de 13.25 p. 100. Il renfermait trop peu de sel par suite d'une erreur de la laitière ; on a l'habitude d'ajouter 2 kilogr. de sel pour 100 kilogr. de fromage.

Essai III. — L'écrémage du lait du soir ayant été pratiqué après 36 heures et celui du lait du matin, après 24 heures, ce qui donna pour le mélange de 295 litres, $11^{lit},36$ de crème ayant rendu $8^{k},16$ de beurre, on opéra sur le lait écrémé comme il a été expliqué. Le petit-lait mesurait 252 litres. Le fromage, après 8 mois, avait perdu 3 kilogr. sur 22 kilogr., soit 13 p. 100.

Essai IV. — On ajouta à 295 litres de lait frais la crème de 295 litres. Le volume du petit-lait correspondant atteignit 275 litres ; plus riche en beurre et en albumine que les précédents, il était plu-

tôt laiteux. Le fromage extra-riche avait perdu, au bout de 11 mois, 4 kilogr. sur 32 kilogr., ou environ 12.5 p. 100.

Deuxième série. — Essais V à VIII. — Les quatre essais de la première série ont été répétés avec du lait ayant une composition trop peu différente, pour que nous jugions nécessaire, pour les petits-laits et fromages, de fournir d'autres données que celles comprises dans le tableau. Le fromage n° VIII n'a pas été analysé ; il avait perdu en 16 semaines, sur 34 kilogr., $1^k,70$ en poids ou environ 5 p. 100.

Résumé des essais. — En rapportant les données des essais, contenues dans le tableau CCLXXII, à 1 000 litres de lait traité par les quatre procédés mis en parallèle, on obtient les résultats suivants :

I. —	1 000 litres de lait pur ont donné $89^k,40$ de fromage tout lait valant 1 fr. 72 c. le kilogr., soit	$153^f,77^c$
II. —	1 000 litres de lait en partie écrémé ont produit $74^k,20$ de fromage à 1 fr. 47 c. le kilogr., et 14 kilogr. de beurre à 2 fr. 75 c. le kilogr., soit (109 fr. 10 c. + 38 fr. 50 c.), ensemble . .	147 60
III. —	1 000 litres de lait écrémé ont rendu $69^k,40$ de fromage maigre ou écrémé à 1 fr. 23 c. le kilogr. et $27^k,90$ de beurre à 2 fr. 75 c., soit (85 fr. 36 + 76 fr. 72), ensemble	162 08
IV. —	1 000 litres de lait pur additionné de crème ont donné $34^k,70$ de fromage maigre ou écrémé, à 1 fr. 23 c. le kilogr. et $52^k,80$ de fromage extra-riche valant 1 fr. 72 c. le kilogr., soit (42 fr. 68 c. + 90 fr. 82 c.), ensemble	133 50

Le n° 3 ayant fourni le plus gros bénéfice et le n° 4, le bénéfice moindre, il semble décidé que pour l'agriculteur qui dispose d'un bon marché pour vendre son beurre, il y a avantage à produire du fromage maigre et du beurre. Vœlcker fait toutefois remarquer que le mode de fabrication façon Cheddar n'est pas le meilleur pour obtenir des fromages écrémés, épais, qui ne mûrissent pas convenablement et ne se gardent pas intacts beaucoup plus de 2 mois, tandis que les fromages riches s'améliorent en magasin.

b. — *Essais sur le fromage façon Gloucester* (1860).

Dans la laiterie de Frocester Court, M. Harrison fabrique deux fois par jour de l'excellent fromage, incolore, façon Gloucester simple.

Le pâturage du district est gras, bien que fourni de renoncules, et les vaches rendent un lait riche en beurre.

Pour fabriquer le simple Gloucester, on met de côté une partie du lait de chaque traite, que l'on écrème avant de l'ajouter au lait pur suivant. La présure s'applique à une température qui varie, d'après la saison, entre 24 et 27 degrés centigrades. Au bout d'une heure, le caillé est soigneusement taillé en travers, au couteau, et enlevé à la passoire, tant sur les côtés que sur le fond de la cuve. On le laisse reposer un quart d'heure, puis on soutire le petit-lait avec une cuillère. Avant que le petit-lait soit complètement épuisé, on brasse de nouveau le caillé à l'aide de la passoire en bois, puis de la spatule en fer, avec précaution pour commencer, et plus vivement, pour achever l'émiettement. Après un repos de 20 à 25 minutes, ce qui reste de petit-lait est soutiré, et le caillé mis en masse est débité en tranches minces que l'on empile et désempile pour faciliter l'écoulement du petit-lait avant de presser. Cette opération de mise en tranches et d'empilage paraît indispensable pour assurer le drainage complet du caillé, car une fois soumis à la presse, les pores s'obstruent et le liquide reste emprisonné.

Une fois solidifié et desséché, le caillé mis sur la toile est doucement comprimé, puis de nouveau brisé à la main en morceaux, et finalement au moulin. Empilé dans la forme, le caillé grenu est pressé définitivement puis salé trois fois de suite par frottement. A chaque application de sel, le fromage est entouré d'une toile sèche et propre. Au bout d'une semaine, il peut être mis en magasin.

Chez M. Harrison la pâte n'est pas colorée ; le fromage est conservé pendant les deux premières semaines dans une chambre chaude, puis pendant trois semaines dans un séchoir à air libre, sur planchettes, avant d'être envoyé au marché.

L'appareil centrifuge de la laiterie de Frocester Court ayant été remplacé par le travail à bras qui vient d'être décrit, pour la séparation du petit-lait, Vœlcker n'en a pas moins comparé les deux procédés. En conséquence, 363 litres de lait furent traités en employant la turbine pour séparer le petit-lait, et 363 litres furent traités à la main. Dans chaque essai, on fabriqua 4 pains de fromage.

Les données analytiques des essais I et II, pour le même lait, analysé le 7 août 1860, sont consignées dans le tableau CCLXXIII.

Le petit-lait obtenu par la machine le plus limpide des deux, renferme légèrement plus de beurre et de matières albuminoïdes. Sur les quatre fromages faits à la main, la perte en poids, après 4 semaines, a été de $2^k,95$, pour 37 kilogr., soit environ de 8 p. 100. Sur les 4 fromages fabriqués mécaniquement, elle a atteint $3^k,40$ pour $33^k,78$, soit de 10 p. 100 environ. La qualité étant la même, le prix de vente fut établi à 1 fr. 56 c. le kilogramme.

Pour une égale quantité de lait employée dans les deux essais, on ne saurait attribuer la différence de poids qu'à l'état de siccité plus grande des fromages de la série I; or, ils avaient perdu beaucoup moins d'eau d'après les pesées directes faites à plusieurs dates successives. Il y a donc eu là une anomalie qui peut s'expliquer seulement par le fait d'une erreur de la part de la laitière. De toutes manières, la composition du petit-lait, dans les deux séries, confirme la teneur considérable en composés albuminoïdes dont la perte est inévitable, quel que soit le procédé de séparation adopté.

Les fromages de lait écrémé, fabriqués le 8 août 1860, ont perdu 15 p. 100 en poids, au bout de 5 mois. L'analyse de l'un de ces fromages âgés de cinq mois est donnée colonne 6, tableau CCLXXIII. Il offrait toutes les qualités d'un produit tout lait et aurait pu se coter au même prix pour la vente.

c. — *Essais sur le fromage de petit-lait.*

Vœlcker rapporte des essais qu'il a faits dans la laiterie de M. Harding, à Marksburg, pour convertir en fromage la substance albumineuse ne se coagulant pas par la présure, ainsi que les parcelles de beurre tenues en suspension dans le petit-lait.

A cet effet, 318 litres de petit-lait furent soumis à l'ébullition, et le magma séparé, recueilli sur une toile, après avoir été additionné d'un peu de sel, fut soumis à la presse. Au bout de trois jours de compression, on en retira 510 grammes de fromage d'une pâte grenue particulière, qui ne mûrit pas comme le fromage ordinaire et qui ne saurait devenir par cela même un article de consommation. On en trouvera l'analyse, colonne n° 7, tableau CCLXXIII.

TABLEAU CCLXXIII. — Essais de fabrication de fromage Gloucester simple et de fromage petit-lait (1860).

	LAITERIE HARRISON						LAITERIE HARDING.
	Lait des essais I et II.	I à la machine.		II à la main.		Fromage lait écrémé 7 mois.	Fromage petit-lait.
		Petit-lait.	Fromage 8 semaines.	Petit-lait.	Fromage 6 mois.		
	1	2	3	1	5	6	7
Eau	87.10	92.75	37.20	92.60	31.96	27.68	30.23
Beurre	3.43	0.39	27 30	0.55	31.37	30.80	44.27
Caséine [1] ou matières albuminoïdes [1]	3.12	0.87	24.50	0.96	29.37	35.12	21.50
Matières extractives, acide lactique [2], etc.	5.12	5.13	7.44	5.08	2.85	1.46	1.52
Matières minérales (cendres) [3]	0.93	0.86	3.56	0.81	4.45	4.91	2.48
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant : Azote	0.50	0.14	3.92	0.15	4.70	6.62	3.44
2. — Acide lactique libre	»	0.41	»	0.36	»	»	»
3. — Sel marin	»	»	0.85	»	1.35	1.27	1.83

Il ne semble donc pas profitable, vu la faible quantité de fromage retiré d'un volume déterminé de petit-lait, de faire autre chose que d'en extraire le beurre et de donner le liquide restant aux porcs.

Fromage suédois. — Vœlcker a eu l'occasion d'analyser une espèce de fromage de petit-lait, fabriqué en Suède[1], dont la composition (tableau CCLXXIV) se distingue absolument de celle des fromages fabriqués avec le lait écrémé. Contrairement à ces derniers qui, tout en étant fermes, renferment beaucoup d'eau et de caséine, le fromage suédois était mou et d'un goût douceâtre que l'on peut attribuer à sa teneur en sucre de lait. La proportion de beurre y était aussi forte que dans les fromages de Gloucester de qualité inférieure, et quant à la caséine, elle se trouvait en quantité si faible relativement, que l'on ne pouvait croire à du lait écrémé comme matière première de fabrication. Il paraît, en effet, que ce produit se prépare en évaporant du petit-lait très butyreux, et que, sous cette forme concentrée, il fournit un aliment précieux aux classes pauvres de la Suède.

d. — *Fromage norwégien de lait de chèvre.*

Un fromage très estimé en Norvège, sous le nom de *Gamelost*, est fabriqué avec du lait de chèvre écrémé, très peu chargé de beurre, de manière à pouvoir se conserver longtemps avant d'être bon pour la consommation. De couleur brune, comme la cire brute, d'une pâte onctueuse, d'un goût salé, et d'une odeur très pénétrante, ce fromage a une composition (tableau CCLXXIV) qui indique qu'il est très peu butyreux et très faiblement salé. Les composés ammoniacaux lui donnent sa saveur et son odeur spéciales ; l'ammoniaque à l'état libre s'en dégage sensiblement après une année de conservation. Ce fromage, en Norvège, se mange étalé sur du pain beurré.

---

1. *Swedish and Norvegian cheese*, juillet 1870.

TABLEAU CCLXXIV. — Composition de fromages suédois et norwégiens.

	SUÈDE. Petit-lait concentré.	NORWÈGE. Lait de chèvre écrémé.
Eau	24.21	42.44
Matières grasses (beurre)	20.80	3.36
Caséine (caillé) [1]	9.06	42.12
Albumine [1]		»
Sucre de lait et matières extractives	41.01	9.85
Matières minérales (cendres)	4.92	2.22
Sel marin (chlorure de sodium)	»	Traces
	100.00	100.00
1. Contenant : Azote	1.45	6.74
— Sels ammoniacaux	»	1.69
— Ammoniaque à l'état libre	»	0.74

4. — Conditions d'une bonne fabrication.

a. — *Soins du lait.*

L'habitude qu'ont les fermiers d'abandonner les soins de la laiterie et de la fromagerie aux gens de service, explique et justifie dans beaucoup d'exploitations l'infériorité des produits livrés au commerce sous forme de beurre et de fromage. On peut affirmer, comme règle, que le meilleur fromage, comme le meilleur beurre, est produit dans les fermes où la maîtresse est elle-même à la tête de la laiterie ; particulièrement quand, à des habitudes d'activité et à une scrupuleuse propreté, elle joint l'intelligence voulue. Vœlcker a eu de fréquentes occasions de remarquer la relation intime qui semble exister, d'une part, entre le bon fromage et la propreté, l'ordre, l'intelligence et le désir du progrès de la fermière, et, d'autre part, le rapport manifeste entre le fromage mal conditionné et la malpropreté, l'ignorance et la routine entêtée. Cepen-

dant, dans les laiteries les mieux administrées, la fabrication du fromage est un art empirique ; or, d'après les autorités les plus compétentes, les meilleures méthodes sont susceptibles d'un grand progrès dont l'importance est évidente quand on considère le chiffre du capital engagé directement ou indirectement dans l'exploitation des fermes à herbage.

Le fromage est non seulement dénaturé avant d'être séparé du lait ; mais il est le plus fréquemment gâté dans le cours de la manipulation, ou lorsqu'on le garde trop longtemps dans des endroits peu propres à sa conservation. Les observations ne font point défaut au sujet de ces mauvaises pratiques.

Ainsi, le lait est souvent gâté par des mains sales, avant même d'avoir passé dans le seau. Si les vases servant à la réception du lait et du fromage ne sont pas tenus avec une rigoureuse propreté, il ne faut pas compter obtenir un fromage de premier choix, quand même le lait serait des plus crémeux.

La propreté est la première qualité d'une bonne fromagère. L'eau qu'elle emploie au nettoyage doit être bouillante. A la température de 100 degrés, les ferments qu'engendre la plus faible quantité de lait adhérant au fond et aux parois des vases, périssent. Autrement, le sucre de lait soumis à l'action de l'air ambiant, au contact du bois poreux des ustensiles, ne tarde pas à se convertir en acide lactique qu'accompagne le ferment dont l'odeur particulière trahit la présence dans les laiteries mal tenues. Pour la facilité du nettoyage, les vases en métal qui n'exigent pas l'eau bouillante, sont préférables aux vases en bois, même quand ils sont enduits intérieurement.

Le lait est encore gâté dans certaines fermes par la proximité d'étables à porcs, de lieux d'aisances et de conduits souterrains ou d'égouts.

Si la laiterie est mal située, à l'exposition du midi, et qu'on ne puisse pas y maintenir une température suffisamment fraîche, le lait tournera et le fromage sera aigre. Il importe donc qu'elle soit construite au nord. De toutes manières, pour prévenir l'échauffement du lait, on doit le conserver dans des bassines plates, ou mieux encore, dans des vases de métal à double fond dans lequel l'eau froide circule pendant les mois d'été. Le nitre et le sel employés en petites quantités

peuvent empêcher le lait de s'aigrir pendant quelque temps, quoique certaines laitières prétendent qu'une certaine dose d'acidité est nécessaire avant de fabriquer le fromage. C'est le contraire qu'il faut rechercher, et au cas où le lait s'est aigri accidentellement, on doit se hâter de fabriquer ; l'acidomètre est inutile.

Les fautes pratiques commises dans la préparation du fromage sont nombreuses : Vœlcker ne manque pas de les signaler.

b. — *Température.*

En premier lieu, on ne met pas assez de soins à noter la température du lait, une fois que la présure y est ajoutée. On devrait toujours l'observer à l'aide du thermomètre. Les laitières préfèrent généralement s'en remettre à leurs sens pour apprécier le degré de chaleur du liquide soumis à la coagulation, et quand même elles ont un thermomètre à leur disposition, elles ne s'en servent pas. L'homogénéité du produit dépend pourtant de la température. Si, en effet, la température est trop basse, la caséine reste trop molle et sa séparation devient difficile ; si, au contraire, elle est trop élevée, la séparation s'opère aisément, mais la caséine devient dure et sèche. La proportion d'eau qui reste dans le caillé, avant d'être soumis à la presse, donne une indication assez exacte de la température qui a été atteinte. Vœlcker a constaté la teneur pour cent en eau du caillé, préparé par le système Cheddar et par le système Gloucester, pendant plusieurs jours consécutifs :

	MÉTHODES.	
	Cheddar.	Gloucester.
Nos 1. Eau p. 100 dans le caillé soumis à la presse.	41.53	59.67
2	41.49	56.93
3	38.20	53.40
4	35.80	52.80
5	»	50.01

La température étant plus basse dans la méthode de fabrication suivie pour le fromage façon Gloucester (22 à 24 degrés centigrades) que dans celle pour le fromage façon Cheddar (38 degrés en-

viron), on comprend que la teneur en eau du caillé soit plus élevée dans le fromage Gloucester, mais il est évident que la température pour le n° 4 Cheddar, comme pour les n°s 1 et 2 Gloucester, avait été maintenue trop haute.

c. — *Séparation du caillé.*

Du reste, la température ne suffit pas pour expliquer les différences indiquées, car toutes les autres opérations étant bien faites, le fromage dont la caséine aura été le mieux émiettée et mélangée, sera le meilleur ; plus on emploiera de temps à cette manipulation, plus on enlèvera de petit-lait. Vœlcker considère, d'après les analyses qu'il a faites de la caséine prête à être mise dans la cuve, que la dose de 50 p. 100 d'eau est un peu au-dessus de la moyenne, et que celle de 53 à 54 p. 100 suffit pour faire un fromage mince ou modérément épais. En fabriquant un fromage épais, on ne devrait pas avoir plus de 45 p. 100 d'humidité.

La caséine est une substance particulière, délicate, que la température affecte facilement. Les limites entre lesquelles elle peut se détériorer ou s'améliorer ne sont pas très éloignées l'une de l'autre. En se basant sur ses propres expériences de coagulation du lait à divers degrés de chaleur, Vœlcker observe que la température à adopter dépend du fromage que l'on veut faire. Pour un fromage mince, 22 à 24 degrés centigrades sont suffisants, tandis que pour un fromage épais, façon Cheddar, il faut porter la température de 27 à 29 degrés, suivant qu'on fabrique en hiver ou en été. Quand une portion du petit-lait a été enlevée, il convient de chauffer entre 35 et 38 degrés.

d. — *Séparation du petit-lait.*

Les fromages sont encore gâtés par une séparation incomplète du petit-lait incorporé dans la caséine, soit qu'on n'ait pas assez désagrégé le caillé, soit qu'on l'ait trop tôt comprimé. Si la séparation n'est pas bien faite, le petit-lait fait fermenter le fromage et lui donne une saveur sucrée, quand il est nouveau, ou une saveur très forte, quand il vieillit. Le goût sucré résulte d'une partie du

sucre de lait laissé dans le petit-lait ; l'autre partie, en fermentant, donne lieu à du gaz acide carbonique qui, pour s'échapper, soulève le caillé à l'état de pâte et le fendille ; on retrouve alors ces crevasses dans la pâte du fromage mal fabriqué. En outre, quand le fromage est coloré à l'aide du roucou, la matière colorante se décompose par places et cause des taches désagréables à la vue. Un fromage bien fait doit avoir une couleur de pâte uniforme, en même temps qu'une structure parfaitement régulière.

Les précautions à prendre pour que le caillé ne renferme que la dose de petit-lait voulue sont, outre la durée accordée à l'égouttement et le maintien de la température pour la séparation du caillé, celles que recommandent les meilleurs praticiens du Somersetshire, à savoir, d'élever la température du caillé avant la fin de l'opération, quand une partie du petit-lait a été épuisée, jusqu'à 35 et 38 degrés ; on peut pour cela chauffer le petit-lait directement, ou ajouter de l'eau chaude. Il résulte de cette pratique que le caillé s'agglomère et que le soutirage du petit-lait s'opère plus complètement, sans aucune peine. Mais encore faut-il prendre la précaution d'éviter une élévation brusque, pour que le caillé ne fonde pas superficiellement et n'emprisonne pas le petit-lait à l'intérieur. Les cuves à double fond dans lequel on introduit le jet de vapeur, sont très appropriées à cette opération.

On doit également éviter de briser la caséine avec trop de précipitation. Cette substance délicate exige un maniement soigneux et patient, par des doigts agiles et expérimentés. Si l'on a agi trop vite et négligemment, la caséine se trouve rompue, d'une part, en fragments si petits qu'ils s'écoulent avec le petit-lait, et, d'autre part, en morceaux si gros qu'ils ne peuvent se durcir suffisamment. On obtient alors une pâte non homogène et moins de fromage de qualité.

e. — *Composition du petit-lait.*

Quand le travail s'est bien fait, en débitant le caillé soigneusement par tranches que l'on émiette à la main ou à la machine, le petit-lait a la couleur brillante du vin blanc ; dans le cas contraire, il est laiteux et contient encore beaucoup de beurre. Les analyses

des divers échantillons de petit-lait que Vœlcker a recueillis dans un grand nombre de fromageries pendant l'opération (tableau CCLXXV) montrent combien varient les résultats au point de vue de la composition chimique et de l'aspect physique. Les variations dans le beurre, par exemple, vont de 0.14 jusqu'à 0.68 p. 100. Lorsqu'on se rappelle que le lait de bonne qualité ne renferme que 3.5 à 4 p. 100 de beurre, on reconnaîtra, si le petit-lait en contient plus d'un demi pour cent, que le fromage a été privé d'une partie considérable d'un de ses plus précieux éléments aux dépens de sa qualité.

Quand le petit-lait se sépare du caillé, il est toujours plus ou moins trouble au début ; à la longue, il se clarifie, de telle sorte qu'en le soutirant sans agitation, il s'écoule limpide comme de l'eau, en laissant tout le beurre dont il est chargé.

L'appareil Keevil employé dans la laiterie Keevil, à Laycock, près de Chippenham, a permis à Vœlcker de constater analytiquement ce fait. Dans le tableau CCLXXV sont également rapportées trois analyses du même petit-lait, n°s 16, 17 et 18 ; le premier correspond à l'état où on le soutire habituellement ; le second, à l'état plus limpide, dix minutes plus tard ; et le troisième après dix minutes de prolongation du repos.

Les n°s 16 et 17 renferment peu de beurre et sont à peu près identiques, mais le n° 18 contient beaucoup moins de beurre pour avoir reposé 20 minutes. Ce n'est pas à l'appareil même qu'est dû ce résultat, quelques services qu'il rende en économisant le temps et la main-d'œuvre dans les fromageries où l'on traite le lait de 30 et 40 vaches par jour, mais aux soins de la laitière qui dirige l'opération. Parmi les analyses de petit-lait du tableau CCLXXV, les n°s 2, 16, 18 se référant à des petits-laits obtenus dans l'appareil Keevil montrent que l'on peut y laisser depuis 0.3 jusqu'à 0.68 p. 100 de beurre ; tandis que dans la fabrication à la main (n°s 3 et 8, par exemple), on peut n'en laisser que de 0.14 à 0.24 p. 100.

f. — *Perte de caillé et albumine.*

Sous le rapport de la perte de caillé, due à la substance albuminoïde, blanche, floconneuse, comme le blanc d'œuf, qui subsiste à l'état soluble dans le petit-lait apparemment limpide, Vœlcker

TABLEAU CCLXXV. — Composition du petit-lait.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Eau	92.95	92.65	92.60	92.75	92.950	92.95	93 150	92.95	93.30
Beurre (matière grasse pure)	0.65	0.68	0.55	0.39	0.490	0.29	0.546	0.24	0.31
Matières azotées (caséine et albumine) [1]	1.20	0.81	0.96	0.87	1.425	1.01	1.056	0.81	1.01
Sucre de lait et acide lactique	4 55	5.28	5.08	5.13	4.491	5.08	4 662	5.27	4.68
(Acide lactique libre)	(0.48)	(0.47)	(0.36)	(0.41)	(0.120)	(0.54)	»	(0.39)	(0.41)
Matières minérales (cendres)	0.65	0.58	0.81	0.86	0.644	0.67	0.586	0.73	0.70
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.000	100.00	100.000	100.00	100.00
1. Contenant azote	0.19	0.13	0.15	0.14	0.228	0.16	0.169	0.131	0.16
Proportion de caillé en suspension	0.30	»	0.06	»	0 525	0.11	0.156	»	0.11

TABLEAU CCLXXV (*suite*). — Composition du petit-lait.

	10	11	12	13	14	15	MÊME PETIT LAIT. 16	17 10 min.	18 20 min.
Eau	93.25	92.85	93.35	92.70	93.15	93.10	92.90	93 25	93.55
Beurre (matière grasse pure)	0.26	0.29	0.25	0.31	0.14	0.14	0.18	0.18	0.03
Matières azotées (caséine et albumine) [1]	0.91	0.93	0.91	0.96	0.91	0.76	0.94	0 94	0.94
Sucre de lait et acide lactique	4.70	5.03	5.00	5.31	5.06	5.31	5.30	5.03	4.82
(Acide lactique libre)	(0.41)	(0.60)	(0.43)	(0.40)	(0.48)	(0.46)	»	»	»
Matières minérales (cendres)	0.88	0.90	0.49	0.72	0.74	0.69	0.68	0.60	0.66
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1. Contenant azote	0.148	0.151	0.148	0.15	0.148	0.123	0.15	0.15	0.15
Proportion de caillé en suspension	0 01	0.03	0.01	0.06	0.01	»	0.04	0.04	0 01

a déterminé quantitativement la proportion moyenne de cette substance qui atteint de 0.9 à 1 p. 100 dans le lait de qualité ordinaire. Si l'on déduit 0.9 p. 100 de la quantité totale de matière azotée que renferment les 18 échantillons analysés de petit lait (tableau CCLXXV), on obtient la proportion de caillé à l'état de suspension *mécanique*. Un seul échantillon contient environ un demi pour cent, et un second, trois dixièmes pour cent à cet état; les autres n'en renferment pour ainsi dire pas. On peut donc dire que c'est surtout le beurre qui se perd par une séparation défectueuse du caillé.

Le moulin pour émietter le caillé quand il est suffisamment consolidé économise beaucoup de main-d'œuvre et fournit une pâte plus uniforme que le travail à la main.

g. — *Présure.*

On gâte souvent le fromage par l'emploi de présure mal préparée, soit qu'elle ait un degré trop faible ou une odeur désagréable. La présure varie beaucoup comme force et comme saveur dans les fermes d'un même district. Il y a pour la préparer une douzaine de recettes, meilleures les unes que les autres, au dire des fromagères qui les appliquent. Dans certaines localités (Cheshire), on la fait tous les jours; dans d'autres (Gloucestershire et Wiltshire) la présure sert pendant deux ou trois mois de suite; on la fait généralement deux fois par saison. Ce dernier procédé paraît préférable, parce que, quand on est une fois sûr de la qualité et de la force de la présure, il n'y a plus qu'à en prendre chaque jour la dose nécessaire pour obtenir avec certitude l'effet désiré, tandis que si on la prépare tous les jours, on n'a pas la même certitude. L'objection faite dans le Cheshire que la présure ne se conserve pas et détériore le goût du fromage, n'est aucunement fondée, car neuf mois après elle peut s'employer, même sans qu'elle ait été épicée, dans les mêmes conditions de bon arome qu'au premier jour; malgré son odeur animale particulière, elle n'offre aucune émanation putride.

Action de l'acide phénique sur la présure. — Des essais ont été faits par Vœlcker pour reconnaître si des solutions faibles et fortes

d'acide phénique ont une action sur la présure, à la façon du chlore ou de l'acide nitrique qui détruisent son principe organique[1].

La présure ayant été depuis quelque temps préparée, fut d'abord essayée pour coaguler du lait. 100 grammes de lait furent coagulés en moins de 10 minutes par 12gr,5 de cette présure.

Avec moitié de la quantité de présure, soit 6gr,25 d'acide phénique concentré, 100 grammes de lait ne se sont pas coagulés.

En mélangeant 12gr,5 de présure et 6gr,25 d'acide phénique concentré pour coaguler 100 grammes de lait, la coagulation n'a pas eu lieu. L'acide phénique concentré détruit ainsi le principe actif de la présure.

Si à 12gr,5 de présure on mélange 6gr,25 d'une solution à 1 millième d'acide phénique pour coaguler 100 grammes de lait, la coagulation s'effectue en 20 minutes environ.

Une solution d'acide à 1 centième n'empêche pas la présure d'agir; pas plus qu'une solution au titre de 1 cinquantième, ajoutée à la présure; dans ce dernier cas, le lait se coagule en 20 minutes environ.

Enfin 12gr,5 d'une solution au cinquantième d'acide phénique, ajoutée à 100 grammes de lait, ne l'a pas coagulé.

Il semble donc que le principe actif de la présure n'est détruit ou modifié dans ses caractères que lorsqu'elle est au contact de l'acide concentré.

Mode d'action de la présure. — La manière dont la présure agit sur le lait est une de ces actions *sui generis* que l'on ne connaît encore que par ses effets.

On a cru que la caséine étant tenue en dissolution par une faible quantité d'alcali, l'acide lactique du sucre de lait formé, grâce à la chaleur, dans le lait qui sûrit, neutralisait l'alcali et amenait la séparation du caillé. La présure agirait comme un ferment pour activer l'acidification du sucre de lait.

Cette théorie n'est pas d'accord avec les faits d'observation pratique. S'il est vrai que le lait a souvent une réaction alcaline, il est vrai également qu'il est parfois légèrement acide quand il est fraî-

1. *On desinfectants*, février 1866.

chement trait. La caséine serait donc tenue en dissolution aussi bien par l'acide que par l'alcali. D'ailleurs, le lait est aussi souvent neutre quand il vient d'être trait, et la caséine y est en dissolution tout de même. Il est avéré qu'à l'instar de beaucoup d'autres matières animales agissant comme ferments, la présure concourt à aigrir le lait rapidement, mais l'acide lactique libre n'apparaît dans le lait qu'après que le caillé a été séparé et non simultanément. Il en résulte que du lait frais et neutre se coagule par la présure et que le petit-lait reste parfaitement neutre. D'autre part, dans du lait qui est maintenu alcalin, la présure coagule le lait, le petit-lait conservant une réaction alcaline.

Les essais que Vœlcker a faits pour se rendre compte de l'action de la présure ont donné les résultats suivants :

1. Le caillé se sépare plus promptement dans le lait neutre que dans le lait alcalin.

2. Si le lait est faiblement acide, la présure sépare le caillé plus promptement que dans le lait neutre, bien que la température soit basse.

3. Une température trop élevée (54 degrés centigrades, par exemple), n'est pas aussi favorable à la coagulation par la présure qu'une température moindre (48 degrés centigrades).

4. Tandis qu'à 48° la coagulation s'opère rapidement, à 54° elle exige plus de temps, et à 57° elle cesse.

5. L'action de la présure est détruite à la température de l'eau bouillante comme à une température bien inférieure, sans pourtant que la caséine soit modifiée au point de ne pas se séparer du lait.

6. Un excès d'alcali empêche la séparation du caillé par la présure.

7. Un excès d'acide coagule le lait, mais pas aussi parfaitement lorsque la température est basse.

8. Une quantité modérée d'acide ne coagule pas le lait par le froid et le coagule imparfaitement à une température élevée.

h. — *Coloration du fromage.*

Le fromage peut encore se gâter quand on fait usage de matières colorantes mal préparées. La pâte que l'on obtient en dissolvant

dans les huiles fixes ou dans les graisses la matière colorante du rocou (*Bixa orellana*) est sale et d'une odeur désagréable, quand elle n'est pas accompagnée de potasse, de soude, de carbonate de chaux, de terre de pipe, de savon et autres substances plus ou moins nuisibles au goût et à l'odorat, à l'aide desquelles on frelate, à l'usage des fromageries, les gâteaux colorants que les Anglais appellent *annatto*. Les semences et la pulpe du rocou qui fournissent une matière colorante pure d'un rouge orangé, la bixine, et une matière jaune, l'orelline, sont bien mieux utilisées par le traitement dans une solution alcaline qui fournit l'*annatto* à l'état liquide.

Tant que le grand nombre préférera le fromage coloré à celui qui ne l'est pas, on emploiera l'*annatto*, solide ou liquide, pour donner au fromage une coloration plus ou moins jaune; mais ce serait une bonne chose si l'usage en était entièrement banni, car, outre que la couleur du fromage peut être sale et vilaine, le goût peut être mauvais, uniquement à cause de l'introduction d'un *annatto* impur.

Vœlcker a examiné la composition de l'*annatto* livré par le commerce sous deux états : celui de gâteaux plats carrés, pesant 1 kilogr. à $1^{kil},300$, enveloppés de feuilles de bananier et mis en tonneaux, que l'on expédie de Cayenne, et celui de bâtons roulés, pesant de 50 à 100 grammes chacun, secs, durs, bruns extérieurement et d'un très beau rouge à l'intérieur, que le Brésil exporte. Comme les alcalis dissolvent la matière colorante, résineuse ou bixine, que renferme l'*annatto*, les fabricants préparent à l'aide de la potasse ou de la soude un produit qui peut s'employer directement dans les fromageries, soit en tourteau, soit en extrait liquide. Le tableau CCLXXVI reproduit deux analyses d'*annatto* solide et une analyse d'*annatto* liquide, tous de bonne qualité, quoiqu'ils renferment des matières étrangères, organiques et minérales, qui ont été employées soit pour augmenter le poids, soit pour donner de la consistance au produit[1].

---

1. *Composition of annatto*, juillet 1863.

TABLEAU CCLXXVI. — Composition de l'annatto solide et liquide.

	ANNATTO SOLIDE.		ANNATTO
	Qualité moyenne.	Qualité supérieure.	liquide.
Eau	16.36	16.97	848.01
Matières organiques	27.68	38.00	43.70
Oxydes de fer et alumine	3.31	0.37	0.72
Chaux	»	»	0.44
Carbonate de chaux	31.96	14.31	»
Acide carbonique	»	»	31.85
Magnésie	0.11	0.92	0.16
Sulfate de chaux	2.80	3.79	»
Acide sulfurique	»	»	6.96
Potasse	»	»	36.20
Carbonate de potasse	9.03	23.25	»
Soude	»	»	26.34
Carbonate de soude	6.77	»	»
Chlorure de sodium		1.58	5.09
Phosphate de chaux	»	0.44	»
Acide phosphorique	»	»	0.53
Silice	1.98	0.36	»
	100.00	100.00	1000.00

i. — *Emploi du sel marin.*

L'excès de sel gâte le fromage. Autant le sel en petite quantité est nécessaire comme antiseptique pour empêcher la fermentation à laquelle le fromage est sujet, et par conséquent l'odeur et la saveur trop fortes dues à la putréfaction, autant une trop forte dose de sel est nuisible en s'opposant à la maturation et à ce goût fin qui résulte du degré de fermentation active indispensable. Dans les fromages crémeux, très gras, tels que le Stilton et le Cheddar, la proportion de beurre suffit, avec très peu de sel, pour conserver la caséine. En général, le goût salé du vieux fromage est dû plutôt

aux sels ammoniacaux formés pendant la maturation qu'à la présence du sel marin. Aussi, les fromages trop salés n'ont-ils pas une saveur aussi prononcée après 6 ou 8 mois de garde, que les fromages peu salés emmagasinés pendant ce même temps.

Enfin, le fromage sera inévitablement de qualité inférieure s'il a été salé imparfaitement, car certaines parties fermentent trop et d'autres pas assez, au détriment de la pâte qui s'émiette et se sèche. On ne devrait se servir que du plus beau sel, dont on saupoudre, à l'aide d'un tamis très fin, le caillé après qu'il a passé à travers le moulin et qu'il a été étalé pour refroidir. C'est un procédé préférable à ceux de la saumure ou du sel frotté extérieurement, car dans ces deux cas l'extérieur du pain de fromage se durcit trop et devient trop imperméable aux vapeurs formées pendant la maturation.

j. — *Fromages vénéneux.*

Le sulfate de zinc et quelquefois le sulfate de cuivre, deux sels toxiques au plus haut degré, ont été employés, l'un pour donner au fromage frais le goût de fromage vieux, et l'autre pour empêcher le boursoufflement ou la levée du produit. L'alun serait aussi employé dans ce dernier but, mais il n'est pas aussi nuisible, quoique absolument inutile. L'emploi de pareilles substances ne peut se justifier que par l'ignorance de leurs propriétés vénéneuses. Mais, indépendamment de ces poisons minéraux, il n'est pas rare que la fermentation donne lieu à des poisons organiques non moins subtils, dus à la décomposition des acides gras dans les fromages nouveaux. Vœlcker a eu à examiner des fromages ayant causé des désordres graves, sans qu'il ait pu déceler dans leur composition aucune trace de sels métalliques, mais dans lesquels il a reconnu, à la forte réaction acide, même extérieure, les indices d'un poison végétal particulier. On sait que lorsque le caillé, avant d'être salé, est abandonné pendant quelque temps en tas jusqu'à ce qu'il commence à fermenter, le fromage fabriqué avec ce caillé mûrit très rapidement en passant par une période de putréfaction où il agirait, s'il était consommé, plus violemment que le sulfate de zinc ou le sulfate

de cuivre. Plus tard, en vieillissant, les acides s'étant combinés avec l'ammoniaque, il devient inoffensif[1].

5. — Conditions de conservation.

La conservation du fromage a une importance capitale pour sa qualité. Il moisit et se peuple de vers quand on le garde dans un lieu humide ou mal aéré. L'habitude de mettre le fromage dans des chambres obscures et sans air, dans le but de maintenir une température élevée et d'éviter les courants atmosphériques, est préjudiciable. On peut atteindre ce but désirable pour la meilleure maturation et le développement de l'arome, aussi bien dans des chambres éclairées et convenablement ventilées.

Fraîchement fait, le fromage se gâte s'il n'est pas fréquemment retourné. Cette manipulation, qui permet à la vapeur d'eau de s'échapper sur toutes les faces du pain, est surtout utile pour les fromages épais qui ne tarderaient pas à moisir sur la face qui pose au-dessus des tablettes. Il convient, en retournant le fromage, de le nettoyer avec un linge sec, de même que la tablette.

Le fromage ne mûrit pas comme il faut et manque d'arome si la température de la chambre est trop froide, et il se gâte si elle est trop élevée ou trop variable. Au-dessous de 15 degrés, la maturité ne s'obtient pas convenablement, tandis qu'au-dessus de 24 degrés la déformation se produit, en même temps que le tissu devient moins homogène et compact. La fermentation ne peut procéder régulièrement que dans un milieu où la température est uniforme, entre 22 et 24 degrés. Aussi, une des plus grandes améliorations consiste-t-elle à régulariser la température des magasins par les calorifères à eau chaude, au lieu de poêles qui exigent une attention et un service continuels, qui donnent lieu à de la poussière et à de la fumée, et qui chauffent trop dans leur voisinage immédiat.

Du reste, l'eau chaude est constamment nécessaire, non seulement pour le lavage de la laiterie, mais encore pour le nettoyage des ustensiles et pour les appareils de séparation du caillé ; il n'y a donc

1. *Poisonous cheese*, juillet 1862.

qu'une dépense de combustible peu importante à ajouter à celle de l'installation des tuyaux de chauffage pour assurer la bonne conservation des fromages venant de la presse.

6. — Conclusions.

Comme conclusions pratiques des études et des observations recueillies par Vœlcker sur la fabrication du fromage telle qu'elle est couramment usitée, il formule les points suivants[1] :

1. Le premier est que le fromage se trouve souvent gâté avant d'être fait ; c'est-à-dire avant d'être tiré du lait : en d'autres termes, le lait est détérioré faute de soins ; par conséquent, le fromage se fait mal et ne se conserve pas.

2. Certains pâturages produisent un fromage plus riche, même lorsque la crème a été séparée, que d'autres pâturages, alors même que toute la crème est réservée pour la confection du fromage.

3. Sur tous les pâturages, il est possible d'obtenir du lait qui donne un fromage de bonne vente, question de saveur à part, pourvu qu'on apporte les soins nécessaires à la manipulation du lait au début et du caillé dans la cuve et à sa maturation.

4. L'application des os aux pâturages améliore généralement la qualité de l'herbe et augmente en conséquence la richesse du lait ; mais, dans ce cas, la fabrication du fromage exige plus de soins que pour un lait provenant de vaches nourries sur de pauvres herbages.

5. L'arome des diverses espèces de fromage dépend plutôt de la méthode de fabrication suivie dans les districts producteurs que de la qualité des pâturages, quelque influence qu'aient ces derniers. On connaît l'infériorité du fromage produit avec le lait des vaches nourries de fourrage sec. Tout en admettant, cependant, que l'alimentation des vaches influe sur la qualité du fromage, il y a lieu d'insister sur les manipulations comme exerçant, sous ce rapport, une influence beaucoup plus grande.

6. Chaque système de fabrication a des avantages, comme aussi des défauts qui lui sont propres.

---

1. *Composition of cheese*, juin 1861.

7. On préconise certaines pratiques comme essentielles pour la réussite, et on en néglige d'autres du plus haut intérêt. D'excellents fabricants ignorent la chimie, et bien qu'ils entourent de mystère leur pratique, on ne tarde pas à se convaincre que leurs procédés, très simples en eux-mêmes, s'accordent avec les principes scientifiques, et que les méthodes scientifiques forment plutôt l'exception que la règle.

8. Les appareils introduits dans les laiteries pour le chauffage et l'essorage, économisent beaucoup de travail et de temps, mais ces opérations faites à bras permettent d'atteindre à la même perfection quant aux produits.

9. Le lait dont la composition varie beaucoup fournit des fromages offrant naturellement de grandes différences comme qualité.

10. La négligence est la cause principale de la perte subie comme quantité et comme qualité dans la fabrication du fromage.

RECHERCHES CHIMIQUES

ET PHYSIOLOGIQUES

SUR LES LICHENS

PAR

MM. P. FLICHE et L. GRANDEAU

PROFESSEURS A L'ÉCOLE NATIONALE FORESTIÈRE

Jusqu'à ces dernières années, les lichens étaient considérés par tous les botanistes comme une classe de cryptogames intermédiaires entre les champignons et les algues et bien distincte de toutes deux. Les recherches de Schwendener et de Bornet sur le thalle de ces plantes, celles de Rees et de Stahl, de G. Bonnier sur leur développement[1] ne permettent plus de conserver cette opinion. Elles expliquent de la façon la plus heureuse ce que l'organisation des lichens présentait de contradictoire. Les cellules vertes (gonidies) qu'ils renferment sont des algues susceptibles de se développer indépendamment du lichen; les filaments incolores (hyphes) et les fructifications appartiennent à des champignons qui ne peuvent vivre qu'en union intime avec les algues des gonidies. Nous sommes, en un mot, en présence d'un cas de parasitisme, pour nous servir d'un mot reçu, mais qui comporte des cas bien variés d'association entre les êtres vivants. Celui-ci est des plus remarquables et des plus complexes ; car,

1. Voir le résumé récent qui en a été fait par de Bary : *Die Erscheinung der Symbiose*. Strasbourg, 1879. Voir aussi tout particulièrement, parmi les travaux plus récents, les recherches si concluantes de M. G. Bonnier sur la synthèse des lichens. (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, séance du 16 novembre 1886 ; *Journal de botanique*, 1re année, n° 1, p. 1 ; *Bulletin de la Société botanique*, t. XXXIII, p. 546.)

si le champignon ne peut se passer de l'algue qui fournit notamment la matière hydrocarbonée qui lui est indispensable, il exerce sur celle-ci une action considérable, la déforme le plus souvent plus ou moins, et fournit certainement aussi des éléments nécessaires à sa végétation.

Le nouvel aspect sous lequel les lichens se présentent à nous fournit donc à la physiologie des problèmes intéressants, mais dont la solution est loin d'être facile. En attendant qu'il soit possible de rapporter à chacun des deux végétaux ce qui lui revient dans cette association intime[1], il nous a semblé que nous ferions une chose utile et de nature à préparer un résultat définitif, en étudiant la composition chimique de l'ensemble au point de vue des questions que nous avons cherché à résoudre pour les végétaux supérieurs dans des publications précédentes[2]. D'ailleurs, les lichens sont très communs dans nos forêts et certains parmi eux entrent pour une part importante dans cet ensemble de débris qui a reçu le nom de couverture et qui par sa décomposition doit devenir le terreau, cet élément si important de la terre végétale. Un ouvrage considérable de M. le professeur Ebermayer[3] a jeté de vives lumières sur tout ce qui se rattache à l'étude de la couverture et de sa transformation en terreau ; il n'a pas oublié les lichens, et l'on trouve, à la page 115 de son livre, une analyse du *Cenomyce* (*Cladonia*) *rangiferina*. M. le professeur Wolff[4] a réuni treize autres analyses de lichens dues à divers chimistes. Nous espérons que les nôtres n'en seront pas moins utiles, d'abord parce qu'elles portent sur des formes différentes de celles qui ont été étudiées par nos devanciers, et en outre, parce que nous nous sommes efforcés de donner un caractère plus méthodique à nos études.

---

1. Dans un appendice consacré aux *Nostoc* et aux *Collema*, nous donnons les résultats auxquels nous ont conduits quelques recherches exécutées dans cette voie.

2. Ces travaux, insérés d'abord dans les *Annales de chimie et de physique*, ont été réunis dans les *Annales de la Station agronomique de l'Est* sous le titre de : *Recherches chimiques et physiologiques sur la végétation forestière.*

3. Ebermayer, *Die gesammte Lehre der Waldstreu*. Berlin, 1876. Résumé par l'un de nous dans le *Journal d'agriculture pratique* et les *Annales de la Station agronomique de l'Est*, p. 146.

4. *Aschen Analysen*. Berlin, 1871, p. 135.

Nous avons cherché en effet quel était, sur la composition chimique du lichen, l'influence de l'espèce, du support et enfin de la région de la plante. Pour atteindre ce but, nous avons recueilli les mêmes espèces sur supports différents, des espèces différentes du même genre sur même support, et pour une forme de grande taille nous avons séparé pour l'analyse les apothèques du thalle.

Les formes qui ont servi à nos études sont : *Physcia prunastri D. C.; Cladonia furcata Schoer, Cetraria aculeata Ach., Umbilicaria pustulata Hoffm. ; Umbilicaria vellea Fr. ; Peltigera canina Hoffm.*

Toutes, sauf les *Umbilicaria*, ont été recueillies dans le bois de Champfêtu sur lequel nous avons donné d'amples détails dans notre mémoire sur le pin maritime. Les *Umbilicaria* y font défaut, parce qu'ils exigent, pour se développer, des rochers qui ne s'y rencontrent pas. Ceux qui nous ont servi proviennent d'un petit bois situé sur le territoire de la commune des Bordes, à $7^{kil},4$ seulement en ligne directe du centre du bois de Champfêtu. Cette localité se trouve dans la même région naturelle. Placée dans une dépression qui suit la route de Villeneuve-sur-Yonne à Theil, au-dessous du hameau de Villefroide, elle est à l'altitude de 139 mètres, inférieure par conséquent de 7 mètres à la plus faible du bois de Champfêtu qui est de 146 mètres. Malgré cette légère différence, les conditions de végétation sont tellement semblables, que nos résultats pour les *Umbilicaria* nous semblent rigoureusement comparables avec ceux que nous avons obtenus pour les autres lichens.

Nos récoltes dans le bois de Champfêtu ont été faites sur sol siliceux et sur sol calcaire. Nous avons dit, dans notre mémoire sur le pin maritime, comment les sols siliceux étant dans la région d'une remarquable uniformité quant à la faiblesse de leur teneur en chaux, une seule analyse était suffisante. Nous renvoyons donc à celle que nous avons donnée dans ce travail. Les sols calcaires sont beaucoup plus variables, mais tous se distinguent des précédents par une forte teneur en chaux, et, comme nous en avons déjà publié trois analyses[1], il nous a semblé inutile d'en effectuer de nouvelles. Nous rap-

1. Sols du Bas-du-Cellier (*Mémoire sur le pin maritime*), de la Barrière de la Garenne (*Mémoire sur le châtaignier*), des Quatre-Arpents (*Mémoire sur les papilionacées ligneuses*).

pelons que la teneur minimum en chaux trouvée par nous a été de 3.25 p. 100 et le maximum de 29 p. 100, que la terre végétale repose à une profondeur généralement assez faible pour que les racines des arbres la traversent sur de la craie en place.

Les *Umbilicaria* ont été recueillis sur les grès dont nous avons signalé la présence dans le terrain tertiaire de la forêt d'Othe[1]. Des blocs très volumineux forment par leur amoncellement un véritable rocher au milieu du petit bois dont nous parlons plus haut. Ce sont des grès durs, siliceux dans leurs grains et leur ciment constituant un support sensiblement dépourvu de chaux, complètement identique sous ce rapport avec le sol siliceux provenant du même terrain tertiaire.

Avant de donner le tableau de nos analyses, nous allons exposer les conditions dans lesquelles a eu lieu la récolte de chaque espèce.

Le *Physcia prunastri D. C.* est une espèce corticicole qui habite sur différents arbres. Elle a été récoltée exclusivement sur des bouleaux, dans deux stations, l'une calcaire (vente Henri), l'autre sur sables argileux très pauvres en chaux (Joncs marins). Dans la première, placée au bord d'un chemin et à proximité de terres cultivées calcaires, le lichen est très abondant sur les arbres de futaie, et cela d'autant plus qu'on se rapproche davantage du sol. On a fait la récolte le 26 septembre 1876 sur des bois de l'âge, des baliveaux et des modernes réservés à la dernière exploitation, tiges et branches à partir de deux décimètres au-dessus du sol jusqu'à deux mètres.

Le *Physcia prunastri* se rencontrait particulièrement sur l'écorce gercurée et en partie décomposée[2]. Un seul pied présentait des apothèques, il n'a point été réuni aux autres ; on trouve fréquemment et en abondance sur ceux-ci des sorédies. On a pris des thalles de tout âge, en éliminant autant que possible tous ceux qui étaient morts. Le temps au jour de la récolte était très humide, avec un peu de pluie.

Aux Joncs marins la récolte a eu lieu le 30 septembre, à proximité d'un chemin et d'un faux chemin, dans un bois très clair,

1. *Mémoire sur le pin maritime*, p. 9 du tirage à part.
2. Est-ce seulement à cause de la facilité qu'ils trouvent à s'y implanter?

comme celui de la vente Henri ; elle a été faite dans des conditions identiques, par un temps également très humide, avec un peu de pluie. On a éliminé les thalles morts qui étaient ici assez nombreux.

Le *Cladonia furcata* est une espèce qui croît sur la terre, de quelque composition chimique qu'elle soit. Cependant, elle est plus commune, plus vigoureuse sur les sols calcaires ; c'est à cette catégorie qu'appartient celui des Terres-Blanches, canton où a été faite une des récoltes, tandis que l'autre l'a été sur le chemin de Theil. Celui-ci peu fréquenté est établi sur sol naturel argilo-siliceux sans empierrement.

Dans les Terres-Blanches les lichens ont été recueillis, le 3 octobre 1876, sur une place vague dans le fossé limite avec un autre bois où se trouve également une place vague : ils forment des touffes très belles, humides de rosée ; ils appartiennent à une variété très rameuse, coralloïde, de couleur généralement grisâtre, mais devenant très franchement verte quand ils croissent fortement à l'ombre de l'herbe ; les rameaux sont toujours squammeux, mais le plus souvent assez légèrement ; ceux qui ont crû à l'ombre de l'herbe le sont beaucoup plus ; on trouve des sujets plus ou moins bien fructifiés. On les a tous rejetés. La plante est en contact immédiat avec la terre, qui est très calcaire et fait une très vive effervescence quand on la traite par les acides. On a nettoyé la récolte aussi bien que possible en enlevant tout ce qui était mort, et aussi toute la terre adhérente.

Sur le chemin de Theil, la récolte a eu lieu le 6 octobre ; à proximité des lichens, des genêts et des bruyères.

Le *Cladonia*[1] est plus court que sur sol calcaire, il est généralement plus grêle ; la région inférieure du thalle persiste et adhère plus ou moins intimement au sol ; les apothèques sont très rares, petites ou très petites ; quelques touffes sont très grêles, très peu squammeuses. La récolte s'est faite le 6 octobre, par la rosée ; elle a porté sur des types aussi semblables que possible à ceux du terrain calcaire. On n'a pris que des échantillons portant incontesta-

1. Des observations nombreuses faites dans les environs jusqu'à une distance de 15 kilom. environ ont montré que partout le *Cladonia furcata* est plus rare, moins développé sur les sols siliceux ; qu'il y est en outre très rarement fertile.

blement des écailles. On a écarté tout ce qui était fructifié ; on a retranché les parties mortes et même la portion du thalle qui était trop adhérente à la terre, quoiqu'on ait pris surtout les touffes qui s'en détachaient le plus facilement.

Le *Cetraria aculeata* habite la terre dans les stations les plus sèches ; il a été recueilli le 23 septembre 1876, au canton des Terres-Blanches, dans un endroit où le bois extrêmement clair ne se composait que de quelques cépées chétives, éloignées les unes des autres ; il reposait sur sol très calcaire, avec quantité de petits débris de craie. C'est le seul lichen un peu abondant. Il est entouré par une flore du caractère calcicole le plus prononcé. *Thalictrum minus, Ononis natrix, Teucrium montanum, Prunella grandiflora.* Tous les pieds examinés sont stériles, et il doit en être le plus habituellement ainsi, car depuis je n'ai jamais rencontré cette espèce avec des fructifications. Elle repose directement sur le sol auquel elle adhère à peine ; humide, elle est d'un brun verdâtre et grisâtre ; sèche, elle présente une coloration qui varie du brun presque noir au gris.

Le *Peltigera canina* est un lichen de consistance foliacée, très commun dans toute la France ; il habite les rochers, le pied des arbres et très fréquemment la terre ; il n'est pas indiqué parmi les formes caractéristiques d'un sol de composition chimique déterminée. Cependant il évite les sols calcaires dans le bois de Champfètu et, comme on le verra, il se rapproche, par sa constitution chimique, des lichens calcifuges. Il n'est pas rare dans la localité où la récolte a eu lieu, mais il ne se trouve jamais en très grande quantité sur le même point ; comme il était nécessaire de s'en tenir aux stations exactement semblables ; que, de plus, il fallait en obtenir une certaine quantité, puisqu'il entrait dans nos intentions d'analyser à part les fructifications, la récolte a eu lieu en plusieurs fois, du 10 au 16 octobre 1876, par un temps frais, les thalles étant bien turgescents. On a choisi des pieds vigoureux, ayant crû dans des endroits bien éclairés, généralement des chemins en sol naturel, peu ou pas fréquentés, ou les bords de ceux-ci. Ainsi que cela a été dit plus haut, on n'est pas sorti des surfaces, où sables et argiles affleurent, à l'exclusion des calcaires. Tous les pieds étaient abondamment fructifiés ; on a séparé les apothèques pour les analyser.

Les *Umbilicaria vellea* et *U. pustulata*, formes calcifuges[1], ont été recueillis, nous l'avons déjà dit, sur des blocs de grès aux environs des Bordes ; la récolte a eu lieu le 11 septembre, par un temps humide, avec fréquentes averses. Les thalles sont beaux et à tous les états, depuis des pieds très jeunes jusqu'à des sujets qui ont atteint la plus grande taille ; tous sont bien vivants et complètement dépourvus d'apothèques, ainsi que cela est général pour l'espèce dans la localité. Les grès sont dans un fond, au milieu d'un petit bois clair et peu élevé qui ne les recouvre pas ; les deux espèces croissent en mélange.

On a soumis les différents lichens dont nous venons de parler à l'analyse, pour déterminer la quantité d'azote qu'ils renferment, leur teneur dans la plante complètement desséchée en cendres brutes, en cendres pures, et la composition centésimale de ces dernières. Le tableau suivant présente les résultats obtenus.

1. Les *Umbilicaria* en général possèdent ces caractères : en ce qui concerne les deux formes qui nous occupent, cela est particulièrement remarquable. Personnellement l'un de nous les a rencontrées sur les roches les plus variées, pourvu qu'elles ne fussent pas calcaires, en plateau et en montagnes, du midi au nord de la France et dans les pays voisins. Il a pu les tuer partiellement aux Bordes par aspersion de craie en poudre, tandis que les sables argileux des environs, employés de la même manière et en égale quantité, se montraient entièrement inertes, ce qui exclut l'hypothèse d'une action physique de la part de la craie qui, d'ailleurs, opérait avec une grande rapidité.

TABLEAU.

Analyses de cendres de lichens.

	PHYSCIA prunastri. — Vente Henri.	PHYSCIA prunastri. — Jones marins.	CLADONIA furcata. — Chemin du Theil.	CLADONIA furcata. — Terres-Blanches	CETRARIA aculeata — Terres-Blanches	UMBILICARIA pustulata — Les Bordes.	UMBILICARIA vellea. — Les Bordes.	PELTIGERA canina. — Champfètu.	PELTIGERA canina (apothèques). — Champfètu.
Cendres brutes	2.55	1.80	3.96	4.42	8.49	4.56	1.62	4.48	4.54
Cendres pures	2.03	1.53	2.40	2.97	6.31	2.55	1.32	3.53	3.85
Azote	1.08	0.86	0.45	0.51	0.81	1.22	0.99	1.62	2.30
Acide phosphorique	9.45	13.33	13.29	9.03	5.91	13.06	13.56	14.71	12.50
Sesquioxyde de fer	6.47	4.44	7.05	traces	traces	12.06	8.47	11.73	5.98
Chaux	46.76	27.57	14.52	32.41	38.00	7.54	9.04	9.94	9.78
Magnésie	7.46	13.33	7.47	3.34	27.02	6.53	10.73	4.57	25.01
Potasse	5.97	11.11	4.98	5.68	13.85	14.07	10.73	17.69	16.85
Soude	0.99	4.89	0.83	5.68	3.07	2.52	4.52	4.97	8.15
Acide sulfurique	4.97	5.78	4.56	3.34	2.02	7.54	6.77	2.78	2.17
Chlore	3.48	3.55	0.83	traces	1.68	1.51	non dosé	1.78	non dosé
Acide silicique	14.45	16.00	46.47	40.49	8.45	35.17	36.18	31.83	19.56
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Acide carbonique	13.10	7.016	2.02	10.10	18.59	0.92	1.03	1.98	traces

OBSERVATION. — On entend par cendres pures les cendres débarrassées de leur acide carbonique et des impuretés insolubles dans l'acide fluorhydrique.

De l'examen des chiffres portés sur ce tableau, il résulte la constatation de quelques faits intéressants. Nous allons d'abord étudier ce qui concerne la plante stérile; nous passerons ensuite aux apothèques.

La richesse des lichens en azote varie dans d'assez larges limites, puisque le *Peltigera canina*, chez lequel ce corps est le plus abondant, en renferme 1.62, tandis que le *Cladonia furcata* sur sol siliceux en contient seulement 0.45, soit 3.6 fois moins. Au premier abord, on serait porté à considérer les lichens calcifuges comme plus azotés que les autres; il semble plus naturel d'attribuer ici une certaine importance à la constitution du thalle; le lichen serait d'autant plus riche en azote qu'il serait plus foliacé et plus mou; l'ordre dans lequel se rangent les espèces étudiées, eu égard à leur teneur en azote, répond assez bien à cette vue théorique. Pour une même espèce, l'azote est d'autant plus abondant que les sujets sont plus vigoureux, ce qui n'a rien que de très naturel; c'est ainsi qu'on en trouve davantage chez le *Cl. furcata* ayant crû sur sol calcaire, et ce fait vient à l'appui de l'opinion que nous avons professée au sujet de l'absence de relation entre la richesse du sol en chaux et la teneur du lichen en azote.

Si nous comparons les lichens aux végétaux supérieurs, en nous basant à la fois sur les recherches personnelles que nous avons rappelées en commençant, et sur les travaux similaires exécutés par d'autres physiologistes, tels que M. Ebermayer, nous voyons qu'en distinguant, comme il convient de le faire, les feuilles des axes chez les arbres angiospermes ou gymnospermes, les lichens sont beaucoup plus pauvres en azote que les feuilles jeunes des premiers; mais qu'en moyenne ils sont plus riches que ces mêmes organes lorsqu'ayant accompli leurs fonctions ils retournent, pendant l'automne, au sol pour y constituer la couverture. C'est ce que prouvent les chiffres suivants que nous empruntons à un de nos travaux antérieurs [1], comparés à ceux du tableau que nous venons de donner:

---

1. *Recherches chimiques sur la composition des feuilles* (modifications résultant de l'âge et de l'espèce). [*Annales de chimie et de physique*, 1re série, t. VIII. 1876.]

	AZOTE.
Robinier	0.70
Mérisier	0.11
Bouleau	0.49
Châtaignier	0.62

Quant aux gymnospermes, leurs feuilles ne sont pas, en général, beaucoup plus riches en azote que les lichens pendant la jeunesse de ces organes, et au moment de leur chute elles sont habituellement plus pauvres. Ainsi la feuille de pin d'Autriche[1] renferme 1.20 p. 100 d'azote au moment de son développement, ce qui la constitue en déficit vis-à-vis des *Umbilicaria pustulata* et *Peltigera canina,* tandis qu'elle n'en contient plus que 0.61 au moment de la chute, chiffre qui n'a d'inférieur parmi ceux afférents aux lichens que ceux du *Cladonia furcata,* encore est-il bon de faire remarquer que cette dernière plante, quand elle croît vigoureusement sur sol calcaire, contient 0.54 p. 100 d'azote, ce qui est assez peu différent des 0.61 du pin d'Autriche.

Entre la richesse en azote des lichens et celle des axes d'angiospermes il y a presque parité, comme le prouvent les chiffres suivants, se rapportant tous à des papilionacées, plantes riches en principes albuminoïdes[2].

Cytise faux ébénier	0.99
Ajonc commun	1.39
Genêt à balais	1.26
Robinier faux acacia	0.81

Les axes de ces trois espèces avaient trois ans seulement; s'ils avaient été plus âgés, surtout en ce qui concerne le cytise et le robinier, espèces plus longévives que les autres, les teneurs se seraient abaissées et auraient été décidément inférieures à celles de la plupart des lichens.

Quant aux axes des conifères, ils sont moins riches que le plus

1. *Recherches chimiques sur la composition des feuilles de pin noir d'Autriche.* (*Annales de chimie et de physique,* 5e série. t. XI, 1877.)

2. *Recherches chimiques sur les papilionacées ligneuses.* (*Annales de chimie et de physique,* 5e série, t. XVIII, 1879.)

grand nombre des lichens, à peine supérieurs, sous ce rapport, aux plus pauvres d'entre eux, comme le prouvent les chiffres suivants empruntés à M. Ebermayer[1] :

	P. 100.
Pin sylvestre	0.53
Épicéa	0.67

Les lichens renferment des quantités très variables de cendres pures. Si l'on compare celui qui en renferme le plus, le *Cetraria aculeata,* au plus pauvre, l'*Umbilicaria vellea,* on voit que le rapport est de 4.78; il est bon de remarquer, toutefois, que le premier paraît être exceptionnellement riche et que si on prend l'espèce qui vient après lui, le *P. canina,* le rapport tombe immédiatement à 2.68.

Y a-t-il une relation entre la teneur en cendres et le sol sur lequel le lichen a crû ? Au premier abord, on serait tenté d'être très affirmatif, puisque la forme la plus riche est calcicole au premier chef et la plus pauvre, non moins calcifuge ; cependant, le doute reste légitime en présence d'une double constatation : le caractère exceptionnel, sous ce rapport, du *C. aculeata,* et la richesse forte aussi du *Peltigera canina* qui, s'il n'est pas calcifuge, réussit à tout le moins très bien sur des sols qui ne présentent pas de chaux en excès. Pour une même espèce, l'influence du sol est évidente, quoique assez légère, ainsi qu'on peut le constater en rapprochant les teneurs des deux échantillons de *Cladonia furcata.* Ce qui paraît exercer sur le taux des cendres une influence supérieure à celle qu'on peut attribuer à la composition chimique du sol, c'est la nature du support. C'est, en effet, parmi les lichens croissant sur la terre qu'on observe l'espèce la plus riche et toutes celles qui se rencontrent sur les arbres ou sur les rochers siliceux, sauf une, sont plus pauvres que les premières. Il est fort possible, d'ailleurs, que, pour des espèces végétant sur des rochers calcaires ou même feldspathiques, il n'en soit pas de même.

Pour terminer tout ce qui a trait à l'influence du support sur le taux total des cendres, il est bon de faire observer que celui-ci est

1. *Die gesammte Lehre der Waldstreu.* Berlin, 1876, p. 76.

sensiblement plus élevé chez le *P. prunastri*, espèce corticicole de la Vente Henri, que chez celui des joncs marins ; cela tient certainement à ce que les poussières atmosphériques sont plus riches en chaux, au voisinage de champs calcaires, et cela montre l'importance de celles-ci au point de vue de la nutrition des lichens.

Quant à la structure et à la forme du thalle, elles ne paraissent exercer aucune influence, puisque les deux espèces qui renferment le plus de cendres, les *C. aculeata* et *P. canina* diffèrent, complètement sous ce rapport.

Si nous examinons successivement les chiffres se référant à chacun des corps qui entrent dans la composition des cendres, nous constatons qu'ils fournissent des renseignements fort intéressants. L'acide phosphorique est généralement abondant ; moins qu'il ne l'est à l'origine dans les feuilles des végétaux, mais autant et plus qu'il ne l'est dans les mêmes organes en été, au moment de leur plus grande activité ; beaucoup plus qu'au moment de leur chute. Il y a toutefois dans les teneurs en acide phosphorique, des anomalies singulières, comme celles que révèlent les analyses de cendres des végétaux supérieurs et aussi inexplicables qu'elles. Non seulement certaines espèces sont relativement pauvres, le *Cetraria aculeata*, par exemple, mais chez une même espèce, suivant la station, il y a des différences notables. C'est ainsi que le *P. prunastri* aux Joncs marins en renferme environ un tiers en plus qu'à la Vente Henri ; la chaux pourrait exercer une action, car on a obtenu une différence dans le même sens chez les *Cl. furcata* des deux stations.

Le sesquioxyde de fer se rencontre en général en quantité considérable, étant donnée la faiblesse des teneurs en ce corps chez la plupart des végétaux supérieurs ; il est particulièrement abondant chez les espèces à thalle foliacé. Il n'en est que plus remarquable de trouver deux espèces chez lesquelles on n'obtient que des traces de ce corps : ce sont le *C. aculeata* qui habite exclusivement les sols calcaires, et le *Cl. furcata*, lorsqu'il croît sur eux, tandis que sur sol siliceux il en renferme 7.05 p. 100 ; ce dernier fait n'aurait rien de très extraordinaire, puisque de faits assez nombreux observés chez les végétaux supérieurs, il résulte que la présence d'un grand excès de chaux dans le sol est défavorable à l'absorption du

fer par les racines. Ce qui est singulier, c'est de voir le maximum de vigueur chez le *Cl. furcata* coïncider avec des traces seulement de fer.

La chaux est très inégalement répartie suivant les espèces et pour une même espèce, suivant les substratum sur lesquels elle s'est développée. Chez les *P. prunastri, C. aculeata, C. furcata,* ce dernier pour les sols calcaires, elle varie de 27.57 à 46.76, c'est-à-dire qu'elle est abondante et qu'il y a, sous ce rapport, analogie complète entre les lichens et les végétaux supérieurs, tandis que chez le *Cl. furcata* des sols siliceux elle s'abaisse à 14.52, et que chez les *U. pustulata, U. vellea, P. canina,* elle ne se trouve plus qu'à raison de 7.54 à 9.94 p. 100, c'est-à-dire en proportion très faible, fort inférieure à ce qu'on trouve chez les végétaux cotylédones. De ce qui précède, on peut tirer cette conclusion qu'à la différence aussi de ce qu'on observe chez ces derniers, les espèces calcifuges seraient beaucoup plus pauvres en chaux que les espèces calcicoles ; que chez ces dernières la moindre absorption de chaux se traduirait par une diminution dans la vigueur de la végétation. Ce dernier point demanderait cependant de nouvelles recherches pour aboutir à des affirmations absolument certaines. On sait, en effet, que si l'on est amené à des conclusions qui paraissent rigoureuses chez les végétaux supérieurs en ce qui concerne les espèces appelées autrefois silicicoles, et maintenant, en général, calcifuges, il est loin d'en être de même pour les espèces calcicoles. Le *P. prunastri* confirmerait les déductions tirées du *Cl. furcata,* mais dans une certaine mesure seulement, puisque la moindre vigueur des pieds qui renferment moins de chaux s'affirme surtout par un dépérissement qui paraît plus prématuré. Je fais remarquer, mais à titre de simple observation, car il ne me semble pas qu'il y ait là relation de cause à effet, que les lichens les plus pauvres en chaux sont aussi ceux dont le thalle est plus franchement foliacé.

La magnésie se rencontre en proportions assez variables, moyennes, à peu près comme chez les végétaux supérieurs (feuilles) ; de même que chez eux, pour une même espèce, elle est en raison inverse de la chaux absorbée ; ce qu'elle présente de plus remarquable, c'est le taux énorme du *Cetraria aculeata,* chez lequel, cependant, la chaux

est aussi en très forte proportion. Le fait est encore plus curieux, si on le rapproche de la faible teneur du *Cl. furcata* ayant crû à peu de distance sur un sol analogue, et si l'on tient compte de ce que les sols résultant de la désagrégation de la craie blanche ne peuvent nullement être qualifiés de magnésiens. Il en faut conclure que l'espèce joue ici un rôle prépondérant, sans que nous puissions, jusqu'à présent, comprendre en quoi un pareil excès de magnésie peut être utile à la plante.

La proportion de potasse est faible ou même très faible, bien inférieure dans l'ensemble à ce qu'elle est chez les végétaux supérieurs, dans les organes en pleine activité physiologique; elle se rapproche de ce qu'elle est dans les feuilles au moment de leur chute. Il y a d'ailleurs des variations assez sensibles, soit d'espèce à espèce, soit entre échantillons de la même espèce; tantôt elles sont inexplicables, comme celle assez notable qui se remarque entre les *P. prunastri* des deux provenances; tantôt, au contraire, elles peuvent donner lieu à des observations intéressantes. De même que pour les végétaux supérieurs, la présence d'une grande quantité de chaux dans le sol ne fait pas opposition à l'absorption de la potasse quand le lichen rentre dans la catégorie de ceux qui ont des exigences ou des préférences calcicoles marquées; ainsi le *C. aculeata* présente des teneurs très fortes à la fois en chaux et en potasse; ainsi encore chez le *Cl. furcata* qui a crû sur sol calcaire, la chaux et la potasse sont plus abondantes que chez la même espèce provenant d'un sol siliceux. On peut remarquer aussi que les fortes teneurs se rencontrent de préférence chez les espèces à thalle foliacé, sans qu'il faille attacher à cette constatation une importance exagérée, puisque le *C. aculeata* ne rentre en rien dans cette catégorie.

La soude ne se rencontre jamais en forte proportion; elle est soumise, d'espèce à espèce ou entre échantillons de diverses provenances, à des variations notables, assez singulières, confirmant le rôle douteux, dans tous les cas fort énigmatique, de cette base chez presque tous les végétaux.

L'acide sulfurique est en quantités assez faibles, se rapprochant complètement de ce qu'on observe chez les végétaux supérieurs;

toutefois, il n'est pas aussi vigoureusement proportionné à la teneur en azote.

L'acide silicique est abondant ou très abondant; il varie faiblement entre échantillons de même espèce mais de provenances différentes; considérablement d'espèces à espèces, sans que leurs préférences à l'endroit du sol paraissent jouer ici aucun rôle. Ainsi nous trouvons la plus faible teneur chez le *C. aculeata* et la plus forte chez le *Cl. furcata* qui ont à peu près les mêmes exigences. Dans tous les cas, la qualification de silicoles pour les lichens qui redoutent un excès de chaux dans leur substratum, n'est pas plus exacte que pour les végétaux supérieurs. Sans doute celles de ces espèces que nous avons étudiées, *U. vellea*, *U. pustulata*, ont de très fortes teneurs en silice, mais elles sont dépassées sous ce rapport par le *Cl. furcata* calcicole. On peut remarquer aussi que toutes les espèces franchement foliacées, *Umbilicaria*, *Peltigera*, sont très riches en ce corps, mais sans qu'il faille attacher une importance exagérée à cette constatation, puisque le *Cl. furcata*, de forme toute différente, est encore plus riche qu'elles. Il est à peu près certain qu'ici, comme chez les végétaux supérieurs, la silice joue un rôle d'incrustation, sans que celle-ci soit nécessaire pour assurer au thalle de la rigidité, comme le prouve la comparaison du *Cl. furcata* et du *C. aculeata*.

La proportion d'acide carbonique contenue dans les cendres est généralement faible ou même très faible. Sous ce rapport, les lichens montrent de l'analogie avec les très jeunes feuilles des angiospermes et des gymnospermes, mais avec exagération. Cela prouve que chez eux les bases ne sont pas, pour la plus grande partie, combinées à des acides organiques, qu'elles font partie des sels étudiés par la chimie minérale, phosphates et sulfates en particulier; peut-être faut-il voir là l'explication des variations que nous avons signalées plus haut, en ce qui concerne les acides phosphorique et sulfurique. Il est remarquable, en effet, de voir le taux de ces acides être, chez les lichens, très régulièrement inverse de celui de l'acide carbonique. Que l'on compare à ce point de vue le *C. aculeata* au *Cl. furcata*, mieux encore aux *Umbilicaria* et aux *Peltigera*, ou même les deux analyses de *Cl. furcata*. Dans les feuilles des végétaux supérieurs aussi, l'acide phosphorique est beaucoup plus abondant pendant la jeunesse

de l'organe, alors que les cendres présentent moins d'acide carbonique, ainsi que le prouvent les chiffres suivants empruntés à un de nos précédents mémoires :

		PhO^5.	CO^2.
Robinier	2 mai	21.16	5.08
	13 octobre	1.90	28.30
Merisier	28-29 avril	15.80	17.60
	2 octobre	3.81	23.88
Bouleau	30 avril	17.46	7.92
	9-15 octobre	8.63	18.20
Châtaignier	1er mai	19.31	7.34
	12 octobre	8.35	13.22

La comparaison des *U. vellea* et *pustulata* offre de l'intérêt, parce que les deux formes sont voisines, appartenant au même genre de la lichénologie. Ils présentent une différence sensible en ce qui concerne le taux total des cendres, une moindre, quoique appréciable, pour celui de l'azote ; quant à la composition des cendres, elle est sensiblement identique en ce qui concerne les acides phosphorique, sulfurique, silicique et carbonique ; les bases, au contraire, présentent des différences qui, sans être très fortes, sont notables; l'*U. pustulata* avec des taux de potasse et de sesquioxyde de fer sensiblement plus élevés que son congénère renferme moins de chaux et de magnésie.

Quant aux apothèques du *Peltigera canina,* comparées aux thalles de la même espèce, il y a identité pour le taux total des cendres; la quantité d'azote est supérieure chez les premières, de même que celles de la magnésie et la soude ; la teneur en chaux et en potasse est sensiblement la même des deux parts. Quant au sesquioxyde de fer et à l'acide silicique, ils sont en quantité plus forte, presque le double, dans les thalles. Cela confirme ce que l'on sait du rôle d'incrustation que jouent ces deux corps. Le chiffre assurément le plus remarquable est celui qui se réfère à la magnésie qui se trouve être en quantité 4.5 fois plus forte dans les apothèques que dans les thalles; sous ce rapport, il y a une analogie remarquable entre les corps reproducteurs et les graines des végétaux dicotylédones. Si grande que soit leur dissemblance morphologique, cette analogie se maintient, en ce qui concerne l'azote, plus abondant, et l'acide silicique en

quantité beaucoup moindre dans les apothèques. Elle ne se maintient pas pour les acides phosphorique et sulfurique dont les taux sont moins élevés dans les apothèques que dans les thalles, d'une faible quantité, il est vrai; tandis que les végétaux cotylédonés en amassent dans leurs graines.

Les lichens sont souvent très abondants sur le sol forestier, que le peuplement soit très clairiéré ou qu'il soit constitué par des espèces à couvert très léger, comme est, par exemple, le pin sylvestre. Quand dans les forêts on enlève la couverture pour en faire de la litière et par suite un engrais pour les champs, les lichens se trouvent invariablement entraînés avec les feuilles mortes, puisque ceux qui vivent sur la terre n'ont, en général, qu'une attache très faible à leur support. Leur composition montre qu'ils constituent un des éléments les plus riches en azote et en principes minéraux, utiles à la production agricole, du mélange d'organes végétaux qui se trouve ainsi soustrait à la forêt pour être porté dans les champs. Il était curieux pour nous de rechercher ce que perd ainsi le sol forestier.

Deux espèces, parmi celles que nous venons d'étudier, pouvaient, en particulier, se prêter à une investigation de ce genre. Ce sont les *Cladonia furcata* et *Cetraria aculeata*. Il s'agissait d'abord de déterminer chez elles le poids de la matière sèche, quand le lichen est saturé d'eau, dans les conditions où il peut l'être quand il est bien vivant, et dans sa station naturelle. Pour arriver à ce résultat, nous avons de nouveau récolté les deux formes aux Terres-Blanches le 22 février 1887. Le dégel avait terminé depuis le 19 une longue période de gelée; dans la matinée du jour de récolte, il y avait eu une petite pluie, à laquelle avait succédé un brouillard assez intense, avec petites chutes d'eau jusqu'à 3 heures après midi, moment où les lichens ont été recueillis; ils étaient l'un et l'autre bien turgides et ne présentaient pas de gouttes d'eau à leur surface. Quand on les a pesés, après dessiccation à l'étuve, sur 100 grammes on a eu en matière sèche :

Cetraria aculeata	46gr,0
Cladonia furcata	39 ,8

Le dernier est très commun dans le bois, surtout dans les endroits

où le sol est calcaire ; il y forme de très nombreuses taches d'étendue variable, mais pouvant atteindre jusqu'à 10 mètres carrés. Dans ce cas, il ne couvre pas complètement le sol ; il y a des lacunes dans la tache, mais on peut évaluer en général à moitié de la surface totale celle qu'il revêt. Une place d'essai, choisie dans ces conditions, a fourni sur un mètre carré un kilogramme de lichen très beau, très vigoureux, soit 398 grammes de matière sèche, d'après la détermination dont le résultat vient d'être donné. En appliquant les taux d'azote et de cendres trouvés pour les échantillons provenant de la même station, le kilogramme de lichen renfermait :

Azote	$2^{gr},149$
Cendres	11 ,821

Il faudrait multiplier par 10 pour les plus grandes taches. On voit que les quantités de matières utiles enlevées au sol forestier, si on procède à l'extraction de ce lichen, sont loin d'être négligeables ; qu'elles le sont d'autant moins que dans ces cendres entrent pour des taux supérieurs à ce qu'ils sont généralement pour les feuilles mortes, les corps particulièrement utiles et en même temps rares dans le sol : acide phosphorique, potasse, magnésie.

Le *Cetraria aculeata* fournit un argument encore plus probant à certains égards en faveur de la thèse que nous soutenons, puisqu'il renferme plus de matière sèche, que celle-ci est plus riche en azote, qu'elle présente un taux de cendres très supérieur ; que la magnésie et la potasse y sont beaucoup plus abondantes, si l'acide phosphorique s'y rencontre en moindre quantité ; mais nous n'insistons pas sur lui, parce qu'il ne forme pas de taches très étendues ; que celles-ci sont assez éloignées les unes des autres ; tandis que, nous le répétons, le *Cladonia furcata* couvre souvent une portion notable du sol. Son abondance indique un médiocre état de la forêt, un sol insuffisamment couvert. Le mieux est de le faire disparaître par une culture forestière plus soignée, c'est-à-dire en constituant un couvert plus épais, en rendant par suite le sol plus fertile, mais tant qu'il existe il faut se garder de l'enlever, pas plus d'ailleurs que les autres lichens, les mousses ou les feuilles mortes. On sait, sans qu'il soit utile d'insister ici sur ce fait important, que toute cette couverture

morte ou vivante maintient la fraîcheur, en sorte que le sol forestier, lorsqu'on l'enlève, devient plus sec, plus tassé, en même temps qu'il s'appauvrit en substances assimilables par les végétaux.

Quant aux lichens qui vivent sur l'écorce, on sait depuis longtemps qu'ils n'empruntent rien aux tissus vivants de l'arbre, qu'ils puisent leur nourriture exclusivement dans les parties mortes de l'écorce et dans les corps qui se trouvent dans l'atmosphère à l'état de gaz, de vapeurs, ou de poussières. La comparaison établie plus haut entre les cendres des *Physcia prunastri* de deux provenances montre l'importance de ces dernières pour l'alimentation des lichens.

APPENDICE

Nous avons dit au commencement de ce travail que nous donnerions en terminant le résultat de quelques recherches faites pour déterminer ce qui, dans l'association si remarquable constituant le lichen, appartient d'une part à l'algue et de l'autre au champignon. Nous ne nous dissimulons pas tout ce qu'elles ont d'imparfait ; si nous livrons cet essai aux physiologistes, c'est parce qu'il est le premier tenté dans une voie qui offre de grandes difficultés. Il n'est pas possible, en effet, au moins jusqu'à présent, de séparer les deux végétaux dont l'union intime constitue le lichen. On doit se borner à comparer à celui-ci normalement constitué l'algue sur laquelle s'est développé le champignon. Quand on veut procéder à une analyse chimique, il est nécessaire de se procurer l'un et l'autre en quantité assez considérable. Or, si la chose est facile pour un certain nombre de lichens, elle ne l'est pas en général pour l'algue qui, même lorsqu'elle est commune, ne se présente pas le plus souvent en grandes masses faciles à détacher complètement de leur support. C'est ce qui nous a engagé à faire choix des *Nostoc* et des *Collema* malgré les objections qui se présentent. Les Collémacées, en effet, sont des lichens si différents des autres que les lichénologues les ont toujours mis fort à part, et que certains ne leur ont donné que par grâce, pour ainsi dire, place dans leurs ouvrages [1] ; l'algue a subi fort peu de mo-

1. Voir Schœrer, *Enumeratio critica Lichenum europæorum*. Berne, 1850, p. 245.

difications, et les éléments mycéliens du champignon n'entrent que pour une part peu importante dans la constitution de l'ensemble.

Mais à côté de ces désavantages, *Nostoc* et *Collema* ont le mérite de n'avoir jamais été l'objet d'une analyse de cendres, d'avoir servi les premiers à des essais de synthèse de lichen par expérimentation; enfin ils présentent plusieurs particularités curieuses, ne fût-ce que la faculté de perdre beaucoup d'eau sans mourir, faculté assez mal étudiée jusqu'à présent, sur laquelle un de nous espère publier prochainement quelques résultats précis d'expériences.

Nostoc et *Collema* ont été recueillis dans la même localité, à la gravière des Marots, aux environs de Troyes, le 31 octobre 1882. Le *Nostoc* est le *commune,* l'espèce la plus commune en France ; elle habite de préférence les terrains calcaires. Quant au *Collema,* c'est le *pulposum,* espèce très commune surtout aussi sur sol calcaire ; il paraît bien évidemment avoir pour algue le *N. commune* avec lequel il croît en mélange et dont il se rapproche entièrement par ses éléments non mycéliens. Aux Marots, ils se rencontraient en abondance l'un et l'autre le jour de la récolte sur des grèves calcaires nues, occupant le parterre d'une carrière de graviers quaternaires. Le sol était absolument calcaire, puisque les graviers déposés anciennement par la Seine proviennent des assises calcaires traversées par le fleuve au-dessus de Troyes et qu'ils sont mêlés à de la craie amenée des environs ou appartenant à la roche sur laquelle repose le dépôt quaternaire. Les plantes étaient en parfait état, bien turgides, le *Collema* stérile, il avait plu pendant la nuit. On a eu soin de les débarrasser des particules terreuses ou des petits graviers qui adhéraient en faible quantité d'ailleurs, on les a mises sécher à l'air libre et après dessiccation, on les a encore examinées, avant de procéder à l'analyse, afin d'enlever ce qui avait pu échapper au premier examen. Après nettoyage complet, elles ont été soumises à l'analyse qui a donné les résultats suivants :

	NOSTOC COMMUNE.	COLLEMA PULPOSUM.
Eau.	95.304	95.300
Matière sèche.	4.696 à 18.4 p. 100 de cendres.	4.700 à 17.76 p. 100 de cendres.
	100.000	100.000

ce qui correspond à

	NOSTOC COMMUNE.	COLLEMA PULPOSUM.
Eau	95.301	95.300
Matières combustibles	3.832	3.866
Cendres	0.864	0.834
	100.000	100.000

La teneur de la matière sèche en azote a été :

	P. 100.
Nostoc commune	4.1965
Collema pulposum	3.9756

Quant aux cendres, leur composition est donnée dans les deux tableaux suivants, dans le premier acide carbonique compris, dans le second acide carbonique déduit ; la dernière colonne du second donne les différences pour chacun des éléments des cendres entre le *Nostoc* et le *Collema*.

I

	NOSTOC COMMUNE.	COLLEMA pulposum.
Silice	14.26	13.51
Acide phosphorique	5.58	5.76
Sesquioxyde de fer	4.66	6.84
Chaux	43.49	43.26
Magnésie	2.87	2.88
Potasse	1.44	1.44
Acide sulfurique	Traces	Traces
Chlore	Traces	Traces
Acide carbonique, par différence	27.70	26.31
	100.00	100.00

II

	NOSTOC commune.	COLLEMA pulposum.	
Silice	19.72	18.35	— 1.37
Acide phosphorique	7.72	7.82	+ 0.10
Sesquioxyde de fer	6.44	9.28	+ 2.86
Chaux	60.17	58.72	— 1.47
Magnésie	3.96	3.90	— 0.06
Potasse	1.99	1.95	— 0.04
	100.00	100.00	

Les résultats d'analyses qui viennent d'être donnés conduisent à des conclusions dont nous allons chercher à faire ressortir la nouveauté et l'intérêt en ce qui concerne : 1° le *Nostoc ;* 2° le *Nostoc* comparé à son lichen le *Collema ;* 3° le *Collema* comparé aux autres lichens.

1° *Nostoc.* Ce qui frappe de prime abord dans la constitution chimique de cette plante c'est l'énorme quantité d'eau renfermée par elle lorsqu'elle est à l'état de turgescence, de vie active par conséquent ; la matière sèche n'atteint pas 5 p. 100 du poids total du végétal. Mais cette matière sèche est prodigieusement riche en cendres, puisqu'elles forment presque le cinquième de son poids total, beaucoup plus par conséquent que dans les feuilles des végétaux supérieurs qui en renferment en plus grande quantité.

L'azote aussi est abondant ; il y a sous ce rapport analogie avec ce qu'on voit chez les très jeunes feuilles des dicotylédones. Mais l'algue l'emporte sur elles.

La remarquable richesse de la matière sèche des *Nostoc* en cendres et en azote nous paraît être en relation avec la prépondérance du protoplasma dans les masses gélatineuses qu'ils constituent ; la paroi propre des cellules de même que la substance gélifiée qui remplit les espaces qu'elles laissent entre elles ne devant pas, semble-t-il,

entrer pour une part bien importante dans le poids total de l'algue qui a été soumise à la dessiccation ; cela expliquerait aussi la très faible teneur des cendres en potasse, puisque ce corps sert, on le sait depuis les belles recherches de Nobbe, à la formation de la fécule dont la plus grande partie est utilisée pour former les membranes de cellulose, pure ou plus ou moins incrustée, qui recouvrent les cellules.

Si nous examinons la composition des cendres, nous constatons qu'une seule base est très abondante, c'est la chaux. La teneur en est inférieure à celle qu'on rencontre chez les feuilles de dicotylédones au moment de leur chute, mais elle est très supérieure à ce qu'on observe chez la plupart d'entre elles au moment du développement. Il est donc évident que la chaux est fort utile à la plante et on s'explique très bien ainsi, comment elle est si abondante sur les sols les plus franchement calcaires, qu'il s'agisse de terre, de graviers ou de pierres, si rare sur ceux qui renferment très peu de carbonate de chaux.

Parmi les bases, une autre est relativement abondante, si à titre de comparaison on se réfère à la petite quantité de ce corps contenue dans les cendres des végétaux supérieurs, c'est le sesquioxyde de fer.

La magnésie, la potasse surtout, sont en quantité singulièrement faibles.

Quant aux acides, il n'y a que des traces d'acide sulfurique, ce qui semble indiquer dans le protoplasma des *Nostoc,* un état des substances albuminoïdes assez différent de ce qu'on observe chez les plantes supérieures et en général dans le règne végétal. La teneur de l'acide phosphorique est faible, au moins quand on la compare à ce qu'elle est généralement dans les cellules actives, car elle est sensiblement supérieure à ce qu'elle est dans les feuilles de plusieurs végétaux ligneux dicotylédones au moment de la chute de ces organes.

La silice est abondante, ce à quoi on ne devait guère s'attendre chez une espèce aussi franchement calcicole, aussi molle surtout, au moins quand elle est à l'état de vie active.

Tous ces acides minéraux ne doivent pas d'ailleurs être combinés

pour la plus grande part aux bases, puisque la quantité d'acide carbonique trouvée dans les cendres est considérable.

2° *Nostoc* comparé aux *Collema*. A tous égards il y a identité presque complète entre les deux végétaux ; la présence du champignon n'a pas eu d'influence sensible sur la composition chimique de la plante. Il y a des analyses d'échantillons divers d'une même plante qui diffèrent certainement plus que ne font l'algue et son lichen.

Faut-il voir là une règle générale, applicable à tous les lichens? Nous ne le pensons pas. Nous avons déjà fait observer plus haut que parmi eux les Collémacées occupent une place très spéciale. Nulle part, en particulier, l'algue n'est aussi peu altérée ; nulle part non plus le mycélium du champignon ne constitue une part moins importante de l'ensemble. Chez les *Collema* en particulier elle est singulièrement faible. Enfin, il est bon de le remarquer, le lichen était stérile, s'il avait eu de nombreuses apothèques, il est probable, d'après ce qui a été observé chez le *Peltigera canina*, que la composition chimique s'en serait trouvée influencée.

Les différences entre les chiffres afférents au *Nostoc*, d'une part, au *Collema* de l'autre, ne dépassent guère en général celles qui proviennent des erreurs possibles dans de semblables analyses, c'est le cas pour la proportion de l'eau et de la matière sèche qui est bien certainement la même de part et d'autre ; mais en ce qui concerne le taux de cendres, il semble qu'il y a positivement infériorité du côté du lichen : peut-être en est-il de même, quoique avec plus de doute, pour l'azote.

Quant aux éléments des cendres, il y a sensiblement identité, sauf pour la silice et la chaux qui seraient en proportion légèrement plus faible chez le lichen et pour le sesquioxyde de fer qui, lui, au contraire, s'y trouve en proportion sensiblement plus forte. Ce serait là même que se trouverait la plus grande différence entre *Nostoc* et *Collema*, puisque l'excédent chez le dernier est d'autant plus sensible que la teneur, chez le premier, n'est pas très forte. Il semble, d'ailleurs, que le sesquioxyde de fer se soit substitué à la silice et à la chaux, puisque si l'on fait la somme des différences en moins présentées par ces deux corps, on trouve 2.84, tandis que la différence en plus pour le sesquioxyde de fer est 2.86.

3° *Collema* comparé aux autres lichens. La composition chimique est pleinement d'accord avec les caractères sur lesquels s'appuient les descripteurs pour faire une place à part aux collémacées; tandis que les lichens ordinaires, nous l'avons vu, renferment une forte proportion de matière sèche et ressemblent sous ce rapport aux feuilles des végétaux supérieurs, le *Collema,* comme le *Nostoc* qui lui a donné naissance, contient à l'état de vie une quantité d'eau très considérable.

Sa substance sèche est beaucoup plus riche en azote et en cendres: pour ces dernières, le rapport est de 2.81. Si nous comparons le *Collema pulposum* au *Cetraria aculeata,* lichen qui en renferme cependant une très forte proportion, il est probable qu'il faut expliquer ces faits comme nous avons cherché à le faire pour les *Nostoc.*

En ce qui concerne la composition des cendres, les teneurs fortes ou très fortes en chaux, sesquioxyde de fer, silice, ont leurs analogues chez les autres lichens; tandis que chez aucun de ceux que nous avons étudiés, on ne trouve des proportions d'acide phosphorique, d'acide sulfurique, de magnésie et de potasse aussi faibles que chez les *Collema.*

Ajoutons comme dernier caractère différentiel, la grande quantité d'acide carbonique contenue dans les cendres des *Collema;* elle prouve que chez eux, à l'état de vie, les bases ne sont, pour la plus grande partie, pas unies à des acides plus organiques.

La plupart des *Collema* sont, comme les *Nostoc,* des végétaux calcicoles; on voit que leur richesse en chaux explique ce fait, mais qu'ils n'en renferment pas moins une forte proportion de silice. En cela ils ressemblent à beaucoup de végétaux supérieurs calcicoles.

Au point de vue pratique, les *Collema* offrent peu d'intérêt si ce n'est que, pour leur petite part, ils contribuent à former le sol sur les rochers, les graviers, qui leur servent souvent de support, mais il n'y a pas à se préoccuper, comme pour les autres lichens, de leur enlèvement du sol forestier; il faudrait en recueillir des quantités considérables à l'état frais pour exercer une influence sensible sur la fertilité; et ce ne peut à peu près jamais être le cas, puisqu'ils

habitent, les espèces communes au moins, de préférence, et on peut en dire autant des *Nostoc,* les rochers, les vieux murs, les graviers, la terre nue, c'est-à-dire qu'ils vivent le plus habituellement en dehors des massifs forestiers proprement dits ; nous ne parlons pas des chemins sur lesquels les *Nostoc* sont souvent extrêmement abondants.

L'ANALYSE

DE

LA BETTERAVE A SUCRE

PAR

LA MÉTHODE DITE « ALCOOLIQUE[1] »

Par A. PETERMANN

DIRECTEUR DE LA STATION AGRONOMIQUE DE L'ÉTAT A GEMBLOUX

La détermination de la proportion de saccharose contenue dans la betterave à sucre, opération à première vue si simple, présente des difficultés sérieuses lorsqu'on veut atteindre un degré d'exactitude suffisant. Il est cependant indispensable que la limite des erreurs possibles ne dépasse pas 0.1 à 0.2 p. 100 de sucre en poids de la betterave ; tout particulièrement d'abord pour l'expérimentateur qui étudie l'élaboration du sucre sous l'influence de facteurs divers, et aussi pour le cultivateur et l'industriel qui demandent à l'analyse les données qui doivent servir de base à leurs transactions.

Ce n'est pas ici la place de m'étendre sur la situation actuelle de la production du sucre. J'ai du reste examiné cette question au point de vue cultural dans un travail publié il y a quelque temps[2].

Je désire seulement rappeler qu'en Belgique, comme d'ailleurs dans d'autres pays où l'impôt n'était pas perçu sur le poids de la

1. Présenté à l'Académie des Sciences dans sa séance du mois de mai 1887, par M. Stas. (Commissaires MM. Stas et Spring.)

2. *Bulletin de la Station agricole expérimentale de l'État à Gembloux*, n° 35. Janvier 1886.

betterave, la qualité de la matière première est restée pendant de longues années stationnaire. Dans son rapport sur la classe XI de l'Exposition universelle de Paris en 1855[1], M. Stas constatait que les betteraves ne renferment en moyenne que 9 à 10 p. 100 de sucre. Cette moyenne était encore la même à l'époque de la création de la première station agronomique belge (1872), et même vingt ans après le premier appel fait par M. Stas à la culture pour l'amélioration de la betterave, la moyenne des analyses exécutées par moi à Gembloux ne dépassait pas 10.17 p. 100 en 1875 et 9.61 p. 100 en 1876.

La base de l'impôt n'ayant pas été modifiée, il fallait appliquer un autre stimulant pour arriver à l'amélioration de la betterave, sous peine de voir l'industrie sucrière, dont la prospérité est si intimement liée à celle de l'agriculture, succomber sous l'influence de la concurrence des pays plus favorisés. Ce stimulant, je l'ai indiqué il y a onze ans. Dans un travail que j'ai publié en février 1876, j'étais arrivé à cette conclusion : « De la part de l'agriculture, il « s'agit désormais de produire une betterave d'un titre plus élevé « que le titre moyen obtenu actuellement, et l'industrie doit payer « la betterave en raison de sa richesse saccharine et de sa pureté, « c'est-à-dire en se basant sur la valeur proportionnelle de la ma- « tière qu'on lui offre. »

Cette mesure si simple et si équitable a eu les conséquences les plus heureuses. Appliquée d'une manière presque générale après une demi-douzaine d'années de lutte et d'hésitations, secondée par tous les efforts faits dans ces derniers temps pour relever l'instruction du cultivateur et par les sacrifices que se sont imposés un certain nombre d'industriels et de producteurs clairvoyants, cette mesure est la principale cause de l'amélioration sensible de la betterave à sucre réalisée dans les dernières années. De l'aveu de l'industrie même[2], la moyenne de la richesse saccharine de cette racine est maintenant dans le pays de 11 p. 100. Les fabriques ne

1. *Rapport du Jury belge de l'Exposition universelle de Paris.* Bruxelles, 1856, p. 320.

2. Beauduin, *la Sucrerie belge,* 1er mars 1887, p. 255.

sont pas rares où le titre moyen des betteraves achetées monte à 12 p. 100, et le chiffre moyen déduit de plusieurs centaines d'analyses faites à la Station agricole de Gembloux a été en 1885 de 12.27 [1] et en 1886 de 12.41 [2].

L'établissement du prix de la matière première basé sur sa richesse en sucre cristallisable exige nécessairement l'application d'une méthode analytique précise et équitable pour les deux parties en jeu. La méthode généralement suivie jusque maintenant repose sur la détermination par voie optique du saccharose contenu dans le jus de la betterave extrait par pression de la racine réduite en pulpe. Le perfectionnement des polarimètres est arrivé à tel point, qu'avec un bon instrument de Soleil-Ventzke (Schmidt et Haensch) ou de Laurent, l'opérateur exercé ne peut se tromper de plus de 0°1 ou 0°2. Sous ce rapport, l'essai polarimétrique du jus de betterave serait donc irréprochable.

Mais le cas est plus compliqué. Le jus de betterave doit être épuré à l'aide du sous-acétate de plomb, et le précipité produit occupe un certain volume. Quelque minime qu'il soit (d'après plusieurs chimistes, l'erreur due au précipité plombique est négligeable ; d'après d'autres, elle ne dépasse pas la limite de 1/100 du sucre trouvé [3]), il en résulte néanmoins un premier grief contre l'analyse du jus de betterave généralement usitée.

Mais il y a des griefs plus importants à faire valoir. On a admis pendant longtemps que le jus de betterave ne renfermait, en dehors du saccharose, aucune substance agissant sur le plan de polarisation de la lumière. Ou du moins, après la découverte dans le jus de betterave de l'acide glutamique et de l'acide aspartique, on s'était bercé de cette illusion que toutes les substances qui forment le « non-sucre » optiquement actif étaient précipitées ou rendues inactives par le traitement au sous-acétate de plomb. Les recherches de Champion et Pellet, de Sickel, de Landolt, de Becker, de Scheibler, de Stammer et d'autres, et tout particulièrement celles de De-

1. *Bulletin de la Station agricole expérimentale de l'État,* n° 35.

2. *Bulletin de la Station agricole expérimentale de l'État,* n° 38.

3. D'après Sachs, il faudrait retrancher 0.1 du sucre contenu dans 100 grammes de jus ; d'après Sidersky, 0,17.

gener, ont démontré que ces substances ne sont que partiellement éliminées et que certaines d'entre elles (l'acide malique, l'acide arabique), précipitées par le sous-acétate de plomb, se redissolvent dans l'excès du réactif, même lorsque celui-ci ne dépasse pas 1/10 du volume, quantité habituellement employée dans l'analyse du jus de betterave. L'erreur due à la présence de ces matières s'aggrave encore par le fait que l'asparagine, l'acide aspartique et l'acide arabique, déviant à gauche le plan de polarisation de la lumière, voient transformer leur pouvoir lévogyre en une polarisation à droite sous l'influence du sous-acétate de plomb. L'exactitude du dosage optique du sucre dans la betterave peut être influencée par ces réactions jusqu'à + 0.5 p. 100 et même au delà.

Il est vrai que tout le « non-sucre » optiquement actif n'agit pas de façon à augmenter la polarisation due au saccharose, car l'albumine végétale qui n'est pas précipitée par le sous-acétate de plomb dévie toujours à gauche, même après l'action de ce réactif, et que la saccharine perd de son pouvoir dextrogyre au contact du sel plombique.

Toutefois, on est loin de pouvoir compter sur une compensation de l'effet produit dans l'un ou dans l'autre sens par ces divers corps, la plupart encore peu étudiés. Il en résulte que la présence du « non-sucre » optiquement actif donne lieu à de sérieuses critiques du dosage du sucre dans le jus de betterave par voie polarimétrique.

Ce n'est pas le seul grief que l'on puisse adresser à la méthode actuellement employée pour l'analyse de la betterave. Le poids de sucre déterminé dans le jus doit être rapporté au poids de la betterave. Le coefficient employé actuellement pour ce calcul est 0.95. Le chiffre de 95 p. 100 est en effet le taux moyen de jus que l'on obtient lorsqu'on analyse un certain nombre de betteraves de différentes variétés, riches et pauvres, par l'une ou l'autre des méthodes indirectes (méthode du marc, de Grouven-Stammer, de Sachs), le dosage direct du jus par la pression la plus puissante étant irréalisable. C'est ainsi que 39 dosages de jus faits dans mon laboratoire

1. *Bulletin de la Station agricole expérimentale de l'État*, n° 35. Juillet 1886.

en 1874, 1884 et 1885[1] d'après la méthode Stammer sur des betteraves de différentes variétés et produites dans des conditions diverses de culture, ont donné une moyenne de 95.26 p. 100[1] avec un maximum de 97.52 et un minimum de 92.23[2]. L'écart entre le minimum et le maximum est sensible, et l'on comprend que les variations constatées dans le taux de jus peuvent sérieusement compromettre l'exactitude de l'analyse de la betterave basée sur le coefficient fixe de 0.95.

Comme il est impossible de procéder dans chaque analyse de betteraves au dosage du jus, opération lente, délicate et au surplus toujours aléatoire, comme, d'autre part, j'ai démontré, dans le travail précité, qu'il n'existe pas de relation constante entre le taux de sucre et celui de jus, qu'il n'y a par conséquent pas moyen d'établir une espèce d'échelle de coefficients, en attribuant à la richesse saccharine ascendante un taux en jus descendant, le chimiste se trouve dans l'alternative de continuer à se servir d'un coefficient quelquefois vrai, souvent faux, mais qu'il sait toujours incertain, ou d'abandonner complètement toute méthode d'analyse dans laquelle intervient comme facteur le taux du jus.

Entre ces deux alternatives, il n'y a pas à hésiter si l'on veut donner à l'analyse de la betterave à sucre une base réellement scientifique.

---

1. Les belles recherches de M. Aimé Girard sur le développement de la betterave à sucre (*Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*. 1886. Tomes CII et CIII) l'ont conduit à cette conclusion que, quelle que fût la richesse de la variété étudiée, l'eau et le sucre se remplaçaient mutuellement et formaient une somme représentant au moins 94 p. 100 du poids de la souche, ce qui faisait, en ajoutant 2 p. 100 de « non-sucre », 96 p. 100.

2. L'exactitude de la méthode de Grouven-Stammer a été mise en doute par plusieurs chimistes, et M. Chevron a démontré dernièrement (*la Sucrerie belge*, 1887, n° 12) que cette méthode fournit un résultat un peu trop élevé. En effet, elle admet que le jus resté dans la pulpe a la même composition que le jus extrait, ce qui n'est pas, comme on l'a vu plus haut. Si l'on soumet au calcul l'influence de cette circonstance, on trouve qu'elle exagère la teneur réelle en jus de 0.4 p. 100. Lorsqu'on va au fond des choses, cette critique est plutôt l'éloge de la méthode en question, car l'erreur à laquelle elle expose l'analyste n'influe le titre saccharin de la betterave que dans la seconde décimale. Par exemple, le titre de 11 p. 100 constaté dans le jus correspond à 10.45 p. 100 dans la betterave au taux de 95 p. 100 de jus. En admettant que la quantité réelle soit 95 — 0.4 = 94.6, le titre saccharin réel descendrait à 10.41. Différence : 0.04 p. 100.

Les griefs que je viens de résumer et que l'on fait valoir contre la détermination du sucre basée sur l'analyse du jus, ont engagé les hommes de science s'occupant de recherches de chimie et de physiologie concernant la betterave à sucre à opérer souvent déjà la détermination du sucre en analysant non le jus, mais la racine[1]; mais c'est à Scheibler que revient le grand mérite d'avoir donné à l'analyse directe une base scientifique, tout en assurant à sa méthode une exécution facile, permettant son emploi dans l'analyse courante de la betterave.

Cette méthode est appliquée, depuis quelques années déjà, par-ci par-là en Allemagne, et tout particulièrement à la Station agronomique de Halle a/S, dirigée par M. Mærcker : je crois être le premier en Belgique qui ait proposé de rompre avec les anciens errements. En janvier 1886[2], j'écrivais en effet : « La discussion sur l'application de tel ou tel coefficient dans l'analyse de la betterave est d'ailleurs sur le point de perdre de son intérêt. Il ne faut pas être prophète pour prévoir que l'analyse de la betterave par son jus sera, d'ici à quelques campagnes, complètement abandonnée et remplacée par le dosage du sucre dans la racine... Il n'y a plus de doute que la méthode de la polarisation de l'extrait alcoolique devienne celle de l'avenir... Son adoption supprimerait tout d'un coup l'application d'un coefficient quelconque ou le dosage du jus, tout en éliminant la faute commise dans l'analyse ordinaire résultant de la présence de matières qui, sans être sucre, agissent néanmoins sur le plan de polarisation de la lumière. » D'autres spécialistes se sont ralliés plus tard à cette opinion[3].

J'annonçais, à la fin du travail que je viens de citer, que j'avais commencé une étude sur l'analyse de la betterave par la méthode

---

1. C'est ainsi que nous avons opéré, M. Kohlrausch et moi, en 1870 et 1871, lors de l'exécution de nos *Vegetationsversuche mit Zuckerrüben* (*Organ des Vereins für Rübenzuckerindustrie,* 1872).

2. *Bulletin de la Station agricole expérimentale de l'État,* n° 35, p. 21.

3. M. Pagnoul (*la Sucrerie belge* du 15 janvier 1887) dit : « ..... le mieux serait de trouver une méthode applicable directement à la betterave. »

M. Chevron (*la Sucrerie belge* du 15 février 1887) écrit : « Ces considérations..... me portent à regarder comme nécessaire l'emploi d'une méthode de dosage direct du sucre dans la betterave. »

alcoolique. Ayant, depuis la fin de 1885, l'intention de proposer cette méthode comme base des transactions relatives à la betterave à sucre, je n'ai pas voulu accepter cette responsabilité avant d'avoir acquis par des essais personnels suffisamment nombreux, tous mes apaisements sur ce procédé, quoique plusieurs chimistes, et tout particulièrement Tollens[1] dans un travail remarquable, aient sanctionné le principe de la méthode de Scheibler. Ce sont ces essais que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie. Ils sont dans leur première partie une vérification et en plusieurs points, le complément des recherches de Tollens[2].

Les pages précédentes ne sont à considérer que comme introduction au compte rendu de ces recherches, comme un exposé de la situation de la question destiné aux chimistes qui ne s'occupent pas continuellement de ce genre d'analyses.

Ce travail a été entrepris en commun avec M. l'ingénieur Graftiau, préparateur chimiste à la Station agricole, auquel j'adresse mes remerciements pour le concours intelligent qu'il m'a prêté.

CHAPITRE Ier.

La méthode de Scheibler et les modifications qu'elle a subies reposant en principe sur le traitement par l'alcool d'un poids donné de pulpe de betterave, la première question à résoudre est celle-ci :

Le pouvoir rotatoire du saccharose est-il le même en solution alcoolique qu'en solution aqueuse?

Le sucre qui a servi aux essais a été obtenu de la manière suivante : on a dissous 3 kilogrammes de sucre blanc du commerce dans l'eau distillée chaude. On a provoqué la cristallisation de la so-

1. *Zeitschrift*, 30, 484.

2. Nous recommandons aux chimistes qui ne possèdent pas les travaux originaux sur cette matière, ou qui ne lisent pas l'allemand, le résumé très complet de cette question, publié dans la *Revue universelle des progrès de la fabrication du sucre*, par Sachs, années 1883-84, et le travail de M. R. R., dans la *Sucrerie belge*, 1887, n° 11.

lution saturée et filtrée à chaud, en la refroidissant fortement et en la remuant énergiquement à l'aide d'une spatule de porcelaine après y avoir ajouté de l'alcool absolu dans la proportion d'un quart environ du volume du sirop. La masse de très fins cristaux obtenue a été jetée sur un grand entonnoir dans la douille duquel se trouvait un entonnoir plus petit portant un petit filtre uni. Nous avons évité ainsi le contact du sucre avec le papier. Après avoir égoutté d'abord et lavé ensuite les cristaux à l'alcool, en provoquant une forte succion au moyen de la trompe à eau de Bunsen, on les a étalés dans de larges capsules de porcelaine et desséchés dans l'étuve de Gay-Lussac. Après avoir mélangé intimement toute la masse et écrasé les grumeaux, le sucre a été desséché de nouveau, puis introduit dans un flacon fermé à l'émeri.

Le sucre ainsi préparé ne laissait à l'incinération point de cendre pondérable. Il perdait encore, desséché à l'étuve à air et à régulateur à une température de 100° à 102° C., 0.19 p. 100 d'eau.

Les polarimètres employés étaient le saccharimètre Soleil-Ventzke (Schmidt et Haensch) et le saccharimètre Laurent à pénombre, dont les échelles étaient soigneusement vérifiées.

Nous avons opéré principalement avec de l'alcool à 60° G.-L., d'abord parce que l'alcool employé à l'analyse de la betterave se dilue par l'eau de la pulpe, et ensuite parce que l'alcool de haut titre ne permet pas de dissoudre un poids de sucre suffisant pour arriver aux points supérieurs de l'échelle.

ESSAI POLARIMÉTRIQUE DU SUCRE.

A. — Solution aqueuse de saccharose.

CONCENTRATION des solutions.	LONGUEUR du tube.	POLARIMÈTRE employé.	DEGRÉ saccharimétrique.	SUCRE p. 100.	EAU P. 100 de sucre.	TOTAL. Sucre et eau.
gram. c³						
26.048 à 100	20	V	99.8	99.8	0.19	99.99
— —	20	V	99.8	99.8	0.19	99.99
16.20 —	20	L	99.7	99.7	0.19	99.89
— —	20	L	99.8	99.8	0.19	99.99
— —	20	V	62.0	99.7	0.19	99.89
— —	20	V	62.1	99.9	0.19	100.09
12.15 —	20	L	74.8	99.7	0.19	99.89
— —	20	V	46.5	99.7	0.19	99.89
8.10 —	20	L	49.9	99.8	0.19	99.99
— —	40	L	99.7	99.7	0.19	99.89
— —	20	V	31.0	99.7	0.19	99.89
4.05 —	20	L	24.9	99.6	0.19	99.79
— —	40	L	49.9	99.8	0.19	99.99
— —	20	V	15.5	99.7	0.19	99.89

Moyenne des essais à l'eau. 99.94
Minimum 99.79
Maximum 100.09

B. — Solution alcoolique de saccharose.

a. — *Alcool à 60° G.-L.*

CONCENTRATION des solutions.	LONGUEUR du tube.	POLARIMÈTRE employé.	DEGRÉ saccharimétrique.	SUCRE p. 100.	EAU P. 100 de sucre.	TOTAL. Sucre et eau.
gram. c³						
16.20 à 100	20	L	99.8	99.8	0.19	99.99
— —	20	V	62.1	99.9	0.19	100.09
— —	20	L	99.7	99.7	0.19	99.89
— —	20	V	62.0	99.7	0.19	99.89
— —	20	L	99.8	99.8	0.19	99.99
— —	20	V	62.0	99.7	0.19	99.89
— —	20	L	99.8	99.8	0.19	99.99

B. — Solution alcoolique de saccharose. (*Suite.*)

a. — *Alcool à 60° G.-L.*

CONCENTRATION des solutions.		LONGUEUR du tube.	POLARIMÈTRE employé.	DEGRÉ saccharimétrique.	SUCRE p. 100.	EAU P. 100 de sucre.	TOTAL. Sucre et eau.
gram.	c³						
16.20	à 100	20	V	62.1	99.9	0.19	100.09
12.15	—	20	L	74.8	99.7	0.19	99.89
—	—	20	V	46.5	99.7	0.19	99.89
8.10	—	20	L	49.9	99.8	0.19	99.99
—	—	40	L	99.8	99.8	0.19	99.99
—	—	20	V	31.1	100.0	0.19	100.19
4.05	—	20	L	24.9	99.6	0.19	99.79
.	—	40	L	50.0	100.0	0.19	100.19
—	—	20	V	15.5	99.7	0.19	99.89

Moyenne des essais à l'alcool à 60° 99.97
Minimum 99.79
Maximum 100.19

b — *Alcool à 40 p. 100.*

CONCENTRATION des solutions.		LONGUEUR du tube.	POLARIMÈTRE employé.	DEGRÉ saccharimétrique.	SUCRE p. 100.	EAU P. 100 de sucre.	TOTAL. Sucre et eau.
gram.	c³						
12.15	à 100	20	L	74.8	99.7	0.19	99.89
—	—	20	V	46.5	99.7	0.19	99.89
8.10	—	20	L	49.9	99.7	0.19	99.99
—	—	40	L	99.9	99.8	0.19	100.09
—	—	20	V	31.1	100.0	0.19	100.19
4.05	—	20	L	25.0	100.0	0.19	100.19
—	—	40	L	50.0	100.0	0.19	100.19
—	—	20	V	15.5	99.7	0.19	99.89

Moyennedes essais à l'alcool à 40° 100.04
Minimum 99.89
Maximum 100.19

Nous avons entrepris une dernière série d'essais avec du sucre obtenu par cristallisation, très bien égoutté et lavé ensuite à l'eau distillée froide, ceci dans le but de prévenir cette objection que le saccharose préparé par le procédé alcoolique pourrait avoir d'autres propriétés que celui obtenu par le traitement à l'eau.

Le sucre desséché renfermait encore 0.17 p. 100 d'eau.

C. — Solution aqueuse de saccharose.

CONCENTRATION des solutions.	LONGUEUR du tube.	POLARIMÈTRE employé.	DEGRÉ saccharimétrique.	SUCRE P. 100.	EAU P. 100 de sucre.	TOTAL. Sucre et eau.
gram. c³						
26.048 à 100	20	V	99.8	99.8	0.17	99.97
— —	20	V	99.8	99.8	0.17	99.97
16.20 —	20	L	99.8	99.8	0.17	99.97
— —	20	V	62.1	99.9	0.17	100.07
Moyenne.				99.995		

D. — Solution alcoolique de saccharose.

Alcool à 60° G.-L.

CONCENTRATION des solutions.	LONGUEUR du tube.	POLARIMÈTRE employé.	DEGRÉ saccharimétrique.	SUCRE P. 100.	EAU P. 100 de sucre.	TOTAL. Sucre et eau.
gram. c³						
16.20 à 100	20	L	99.9	99.9	0.17	100.07
— —	20	V	62.0	99.7	0.17	99.87
Moyenne				99.97		

En examinant l'ensemble des essais relatés dans ce chapitre, on reconnaît qu'il *n'existe aucune différence dans la polarisation du saccharose, suivant qu'on l'examine en solution aqueuse ou en solution alcoolique.*

Les moyennes, les minima et les maxima constatés dans les trois séries d'essais sont, en effet, d'une concordance parfaite.

DISSOLVANTS.	MOYENNES.	MAXIMA.	MINIMA.
Eau	99.95	100.09	99.79
Alcool à 60°.	99.97	100.19	99.79
Alcool à 40°.	100.04	100.19	99.89

Les résultats de quelques essais nous ont fourni des chiffres s'écartant d'une manière sensible de 100. Mais il est à remarquer que ces différences se rapportent toutes aux polarisations de liqueurs très diluées. Il est du reste facile d'établir qu'elles ne dépassent pas la limite des erreurs possibles, lors de l'observation polarimétrique. Ainsi l'écart le plus considérable (0.21 p. 100) se rapporte à une solution renfermant $4^{gr},05$ de sucre pour 100 centimètres cubes d'eau, c'est-à-dire le quart du poids normal pour le saccharimètre Laurent.

Polarisation Laurent, tube de 20 centimètres = 24.9, ce qui nous donne pour le sucre essayé :

$$24.9 \times 4 = 99.6 \text{ de sucre} + 0.19 \text{ d'eau} = 99.79.$$

Si l'observateur avait trouvé 1/10 de degré de l'échelle saccharimétrique en plus, il obtenait :

$$25.0 \times 4 = 100 \text{ de sucre} + 0.19 \text{ d'eau} = 100.19.$$

Au surplus, ces écarts se sont présentés dans les deux sens (— 0.21 à + 0.19) et aussi bien dans les polarisations aqueuses que dans les polarisations alcooliques.

CHAPITRE II.

§ 1er. — L'alcool permet-il d'extraire tout le sucre contenu dans un poids donné de pulpe ?

Nous nous étions proposé d'étudier le procédé de M. Stammer, reposant sur l'extraction immédiate du sucre par simple agitation avec l'alcool de la pulpe très fine, dite « limée ». La râpe Stammer,

que nous avons fait venir directement de son constructeur, fournit en effet une pulpe tellement fine que toute la masse se présente sous l'aspect d'une véritable écume, ne laissant rien sous la pression des doigts. Mais fonctionnant fort bien, d'après ce que l'on nous a assuré de divers côtés, lorsqu'elle peut être mise en mouvement par une transmission, la râpe de Stammer est d'un emploi impossible pour le travail à la main. Un ouvrier très exercé, ayant déjà râpé près de 10.000 échantillons de betteraves, a mis, sous nos yeux, près de deux heures pour produire 400 grammes de pulpe « limée ». La partie active de la râpe s'était d'ailleurs tellement échauffée qu'un brouillard de vapeur d'eau flottait au-dessus de l'appareil.

Ayant par conséquent dû abandonner la méthode Stammer, nos essais ont spécialement porté sur :

1° Les méthodes d'extraction alcoolique (Scheibler, Sickel).
2° Les méthodes de digestion alcoolique (Rapp, Degener, Stockbridge, Hermann).
3° Les méthodes de digestion aqueuse (Sachs, Pellet).

Nous envisageons seulement ici ces procédés au point de vue de la possibilité de retirer par l'alcool tout le sucre contenu dans un poids donné de pulpe.

Les betteraves employées à nos essais appartenaient, le n° 1, à la variété Kalinofka, et le n° 2 à la variété Desprez.

Pour un certain nombre d'essais, elles ont été réduites en pulpe au moyen d'une petite râpe à main. Pour les autres on s'est servi d'une râpe à tambour du modèle des râpes de sucrerie. La pulpe fournie par la râpe à main était très fine; sous l'action d'une forte presse à vis, elle cédait en moyenne 80 p. 100 de jus. Celle obtenue au moyen de la râpe à tambour était plus grossière, mais cédait encore sous la même pression 70 p. 100 de jus.

La pulpe, rapidement et intimement mélangée, était placée dans un bocal de verre, plat et large, fermé au moyen d'un couvercle de métal et portée ainsi à la balance.

Pour tous les essais alcooliques, nous avons employé l'alcool à 85° G.-L. Les jus alcooliques doivent être déféqués avec une petite quantité de sous-acétate de plomb (environ 2 centimètres cubes et demi pour 50 grammes de pulpe). Ils doivent être filtrés rapidement sur

un filtre à plis placé dans un entonnoir, que l'on recouvre pendant la filtration d'un couvercle, dont le bord entoure celui de l'entonnoir. Le liquide filtré est recueilli dans un ballon de verre auquel l'entonnoir sert de couvercle.

A. — Essais dans l'extracteur Petermann-Simon [1].

NUMÉROS.	PRISE d'essai.	ALCOOL.	DIGESTION préalable à froid.	NOMBRE d'épuisements à chaud.	VOLUME.	POLARISATION Laurent, tube de 40.	SUCRE p. 100 de betteraves.
	Gr.	Cent. cub.	Minutes.		Cent. cub.		
a) *Betteraves n° 2 râpées avec la râpe à tambour.*							
1	50	100	48	13	100	73.2	11.86
2	25	50	24	9	100	36.6	11.86
3	25	50	24	9	100	36.5	11.83
4	25	50	1/2	7	100	36.5	11.83
5	25	50	1/2	7	100	36.6	11.86
b) *Betteraves n° 1 râpées avec la râpe à tambour.*							
6	25	50	1/2	10	100	32.7	10.59
7	25	50	1/2	10	100	32.5	10.53
8	25	50	1/2	10	100	32.7	10.59
c) *Betteraves n° 1 râpées avec la râpe à main.*							
9	25	50	1/2	10	100	33.1	10.72
10	25	50	1/2	1	100	32.9	10.66
11	25	50	1/2	10	100	32.9	10.66

La pulpe de chacun de ces essais a été traitée à nouveau par l'alcool. L'extrait obtenu ne polarisait plus.

B. — Essais dans l'extracteur Soxhlet.

La construction par M. Soxhlet d'un extracteur spécial destiné à l'épuisement de la pulpe de betterave par l'alcool a marqué un pro-

1. Voir la description : *Recherches de chimie et de physiologie appliquées à l'agriculture.* Bruxelles, 1886, p. 554.

grès sensible vers la généralisation de l'emploi de la méthode de Scheibler. Nous avons remplacé le bain de sable par un bain-marie très profond, dans lequel le ballon pénètre à peu près complètement. Des anneaux en porcelaine, dont le plus petit s'adapte très bien au col du ballon, couvre le bain-marie. On diminue ainsi la quantité de vapeur d'eau qui se dégage et on produit un échauffement très uniforme du ballon, empêchant les soubresauts de la liqueur alcoolique en ébullition. Nous préférons aussi le réfrigérant de verre au bassin de métal, car le premier système permet de voir continuellement la colonne d'alcool condensée dans le réfrigérant, et dont l'épaisseur indique s'il faut augmenter ou diminuer la flamme.

NUMÉROS.	PRISES d'essais.	ALCOOL.	DURÉE de l'épuisement.	VOLUME.	POLARISATION Laurent, tube de 40.	SUCRE p. 100 de betterave.
	Grammes.	Cent. cub.	Minutes.	Cent. cub.		
a) *Betterave n° 1. — Pulpe obtenue par la râpe à main.*						
12	50	150	30	200	36.5	11.82
13	50	150	45	200	36.6	11.86
14	50	150	60	200	36.7	11.89
15	50	150	75	200	36.5	11.82
b) *Autre lot de betteraves. — Pulpe obtenue par la râpe à main.*						
16	25	150	60	200	13.6	8.80
c) *Autre lot de betteraves. — Pulpe obtenue par la râpe à tambour.*						
17	50	150	60	200	27.0	8.75
18	50	150	60	200	27.2	8.81
19	25	75	60	100	27.2	8.81
20	50	150	60	200	27.1	8.78
21	50	150	60	200	27.3	8.85
22	25	75	60	100	27.1	8.78

La pulpe épuisée de chacun de ces essais a également été traitée à nouveau par l'alcool et l'extrait obtenu essayé au polarimètre. Dans aucun cas on n'a obtenu de déviation.

La suite de notre travail renferme de nombreux dosages que nous aurions pu citer ici comme preuve en faveur de la thèse qui nous occupe dans ce paragraphe. Mais nous croyons les essais précédents suffisamment concluants pour en déduire que l'alcool à 85° permet de retirer d'une pulpe suffisamment fine tout le sucre qu'elle renferme.

§ 2. — Le saccharose dissous dans l'alcool à 60° est-il décomposé à la température d'ébullition de sa solution ?

Plusieurs des essais précédents nous donnent déjà une réponse à cette question. La durée de l'ébullition des solutions alcooliques de sucre a varié, pour les essais 1 à 11, de 2 heures à 8 heures, et pour les nos 12 à 22, de 30 minutes à 1 heure 15 minutes. La concordance remarquable entre les chiffres de chaque série prouve qu'aucune décomposition ne peut avoir lieu.

	MINIMUM.	MAXIMUM.
	P. 100.	P. 100.
A. — *a*)	11.83	11.86
b)	10.53	10.59
c)	10.66	10.72
B. — *a*)	11.83	11.89
c)	8.75	8.85

Nous avons complété ces données par quelques essais directs. Deux prises d'essais de 50 grammes d'une pulpe bien mélangée ont été épuisées pendant une heure dans l'appareil de Soxhlet, au moyen de 150 centimètres cubes d'alcool à 85°. La solution alcoolique de sucre de l'un des essais a été immédiatement portée au volume de 200 centimètres cubes et polarisée. Celle de l'autre a été maintenue en ébullition pendant 4 heures. Elle a ensuite été portée aussi à 200 centimètres cubes et polarisée.

Essai n° 23. Après une heure d'ébullition : Polarisation Laurent, tube de 40 . . . . . 34.3 = 11.11 p. 100.
Essai n° 24. Après quatre heures d'ébullition. . . . . 34.1 = 11.05 —

Trois essais ont porté sur du sucre pur. Nous avons pesé trois fois 16gr,20 de sucre et dissous dans l'alcool à 60°.

Essai n° 25. 16gr,20 à 100 c. c. Sans ébullition. Polarisation Laurent.	100.0
Essai n° 26. 16gr,20. Ébullition de 3h30'. Porté à 100 c. c.. . . .	99.9
Essai n° 27. 16gr,20. Ébullition de 5 heures. Porté à 100 c. c. . .	100.1

Nous concluons de l'ensemble de ces essais que le saccharose dissous dans l'alcool à 60° G.-L. n'est pas décomposé à la température d'ébullition de sa solution.

§ 3. — Le poids de pulpe employé dans les méthodes alcooliques représente-t-il la composition moyenne de la betterave ?

La question posée dans ce paragraphe mérite une attention toute particulière.

Le poids des échantillons de betteraves que l'on soumet à l'analyse est habituellement de 3 à 5 kilogrammes, suivant le nombre de racines, leur poids, et suivant que l'on emploie des quarts ou des moitiés de betteraves. Une bonne presse de laboratoire en extrait 70 à 80 p. 100 de jus. Il en résulte que les 100 centimètres cubes de jus sur lesquels le chimiste opère finalement dans la méthode ordinaire représentent environ 150 grammes de betteraves, c'est-à-dire que la prise d'essai comprend 3.8 p. 100 de la matière à analyser, en admettant que l'on ait râpé 4 kilogrammes de betteraves. Cette proportion est moins favorable dans les méthodes directes, car 25 ou 50 grammes de pulpes correspondent, dans les conditions admises pour l'analyse par le jus, à des prises d'essai de 0.63 ou de 1.26 p. 100. En outre, le jus de betteraves est susceptible d'un mélange parfait et les manipulations qui suivent son extraction lui donnent une homogénéité que l'on ne saurait jamais atteindre dans le mélange de la pulpe.

Nous avions donc à décider expérimentalement si une prise d'essai de 25 à 50 grammes de pulpe représente bien la composition moyenne d'un lot de betteraves râpées, ou, ce qui revient au même, à déterminer quel est l'écart que l'on constate entre les analyses à l'alcool de plusieurs prises d'essai faites sur une même pulpe.

Première expérience.

4 betteraves n° 2 ont été râpées avec la râpe à tambour. Toute la pulpe obtenue a été mélangée avec une spatule, puis on a prélevé à des places différentes une prise d'essai de 50 grammes et quatre de 25 grammes.

NUMÉROS.	POIDS de pulpe.	MÉTHODE EMPLOYÉE.	VOLUME de la solution.	POLARISATION Laurent, tube de 40.	SUCRE p. 100 de betteraves.
	Grammes.		Cent. cub.		
1	50	Épuisement alcoolique.	100	73.2	11.86
2	25	—	100	36.6	11.86
3	25	—	100	36.5	11.83
4	25	—	100	36.5	11.83
5	25	—	100	36.6	11.86

Moyenne 11.85
Écart entre le minimum et le maximum. 0.03
— — et la moyenne 0.02
— maximum et la moyenne 0.01

Deuxième expérience.

6 betteraves n° 2. — Pulpe fournie par la râpe à tambour.

NUMÉROS.	POIDS de pulpe.	MÉTHODE EMPLOYÉE.	VOLUME de la solution.	POLARISATION Laurent, tube de 40.	SUCRE p. 100 de betteraves.
	Grammes.		Cent. cub.		
28	25	Épuisement alcoolique.	100	32.4	10 50
29	25	—	100	32.7	10.59
30	25	—	100	32.5	10.53
31	25	Digestion alcoolique [1].	100	32.8	10.57
32	25	—	100	32.5	10.47

Moyenne 10.53
Écart entre le minimum et le maximum. 0.12
— — et la moyenne 0.06
— maximum et la moyenne 0.06

1. Dans les expériences faites par digestion, il a été tenu compte du volume occupé par le marc. Dans cette expérience, ce volume était de 35 cent. cubes pour 25 gr. de pulpe (voir p. 45).

Troisième expérience.

6 betteraves n° 2. — Pulpe fournie par la râpe à tambour.

NUMÉROS.	POIDS de pulpe.	MÉTHODE EMPLOYÉE.	VOLUME de la solution.	POLARISATION Laurent, tube de 40.	SUCRE p. 100 de betteraves.
	Grammes.		Cent. cub.		
33	25	Épuisement alcoolique.	100	35.5	11.50
34	25	—	100	35.4	11.47
35	25	—	100	35.5	11.50
36	50	Digestion alcoolique [1].	200	36.6	11.58
37	25	—	100	35.2	11.46

Moyenne 11.50
Écart entre le minimum et le maximum 0.12
— — et la moyenne 0.04
— maximum et la moyenne 0.08

1. Volume du marc : 124 cent. cubes pour 50 gr. et 62 cent. cubes pour 25 gr.

Quatrième expérience.

6 betteraves n° 3. — Pulpe fournie par la râpe à tambour.

NUMÉROS.	POIDS de pulpe.	MÉTHODE EMPLOYÉE.	VOLUME de la solution.	POLARISATION Laurent, tube de 40.	SUCRE p. 100 de betteraves.
	Grammes.		Cent. cub.		
38	25	Épuisement alcoolique.	100	36.1	11.70
39	25	—	100	36.3	11.76
40	25	—	100	36.2	11.73
41	50	Digestion alcoolique [1].	200	36.8	11.78
42	25	—	100	36.7	11.75

Moyenne 11.74
Écart entre le minimum et le maximum 0.08
— — et la moyenne 0.04
— maximum et la moyenne 0.04

1. Volume du marc : 114 cent. cubes pour 50 gr. et 57 cent. cubes pour 25 gr.

Cinquième expérience.

7 betteraves n° 1. — Pulpe fournie par la râpe à tambour.

NUMÉROS.	POIDS de pulpe.	MÉTHODE EMPLOYÉE.	VOLUME de la solution.	POLARISATION Laurent, tube de 40.	SUCRE p. 100 de betteraves.
	Grammes.		Cent. cub.		
6	25	Épuisement alcoolique.	100	32.7	10.59
7	25	—	100	32.5	10.53
8	25	—	100	32.7	10.59
13	50	Digestion alcoolique [1].	200	33.4	10.69
14	50	—	200	33.5	10.72

Moyenne 10.62
Écart entre le minimum et le maximum 0.19
— — et la moyenne 0.09
— maximum et la moyenne 0.10

1. Volume du marc : 114 cent. cubes pour 50 gr. et 57 cent. cubes pour 25 gr.

Sixième expérience.

8 betteraves n° 1. — Pulpe fournie par la râpe à main.

NUMÉROS.	POIDS de pulpe.	MÉTHODE EMPLOYÉE.	VOLUME de la solution.	POLARISATION Laurent, tube de 40.	SUCRE p. 100 de betteraves.
	Grammes.		Cent. cub.		
9	25	Épuisement alcoolique.	100	33.1	10.72
10	25	—	100	32.9	10.66
11	25	—	100	32.9	10.66
15	50	Digestion alcoolique.	200	33.5	10.79
16	50	—	200	33.4	10.76

Moyenne 10.72
Écart entre le minimum et le maximum. 0.13
— — et la moyenne 0.06
— maximum et la moyenne 0.07

Septième expérience.

8 betteraves n° 1. — Pulpe fournie par la râpe à main.

NUMÉROS.	POIDS de pulpe.	MÉTHODE EMPLOYÉE.	VOLUME de la solution.	POLARISATION Laurent, tube de 40.	SUCRE p. 100 de betteraves.
	Grammes.		Cent. cub.		
47	25	Épuisement alcoolique.	100	33.5	10.85
48	50	Digestion alcoolique [1].	200	33.8	10.90
49	50	—	200	34.0	10.96

Moyenne 10.90
Écart entre le minimum et le maximum. 0.11
— — et la moyenne 0.05
— maximum et la moyenne 0.06

1. Volume du marc renfermé dans 50 gr. de pulpe : 116 cent. cubes.

Huitième expérience.

Les lots de betteraves analysés dans les sept séries d'essais que nous venons de relater provenaient du champ d'expériences de la Station agricole. Quoique les betteraves analysées fussent prises au hasard dans les silos, on pourrait objecter peut-être qu'elles constituaient déjà, après le râpage, c'est-à-dire avant le mélange de la pulpe, une masse assez homogène pour que la concordance constatée entre les analyses d'une même série ne prouve pas suffisamment qu'une faible prise d'essai de 25 grammes représente réellement la composition moyenne d'un lot de betteraves quelconque.

Nous prévenons cette objection par l'expérience suivante :

Nous avons constitué un lot de betteraves aussi hétérogène que possible. 10 betteraves fourragères (jaune ovoïde des Barres) titrant 5.18 p. 100 de sucre, et 10 betteraves de chacune des variétés employées dans nos recherches, titrant de 8.85 à 11.89 p. 100 de sucre et choisies autant que possible de grosseurs très différentes, ont été jetées pêle-mêle en un tas. Par deux coupes longitudinales, on a en-

levé un quart de chaque betterave. Les trente quarts ont été râpés à l'aide de la râpe à tambour, et la pulpe obtenue a été convenablement mélangée avec une spatule. A des places différentes, on a prélevé quatre prises d'essai de 50 grammes et deux de 25 pour l'appareil de Soxhlet.

NUMÉROS.	POIDS de la pulpe.	ALCOOL employé pour l'épuisement.	DURÉE de l'épuisement.	VOLUME de la solution.	POLARISATION Laurent, tube de 40.	SUCRE p. 100 dans la betterave.
	Grammes.	Cent. cub.	Minutes.	Cent. cub.		
17 [1]	50	150	60	200	270	8.75
18	50	150	60	200	272	8.81
19	25	75	60	100	272	8.81
20	50	150	60	200	271	8.78
21	50	150	60	200	273	8.85
22	25	75	60	100	271	8.78

Moyenne. 8.80
Écart entre le minimum et le maximum 0.10
— — et la moyenne. 0.05
— maximum et la moyenne. 0.05

1. Nous avons déjà utilisé ces essais au § 1 du présent chapitre, afin de démontrer la possibilité d'extraire par l'alcool tout le sucre de la pulpe.

Écarts entre le minimum et le maximum constatés dans huit séries d'analyses :

	POUR 100.
1re série (cinq prises d'essai)	0.03
2e série (cinq prises d'essai).	0.12
3e série (cinq prises d'essai).	0.12
4e série (cinq prises d'essai)	0.08
5e série (cinq prises d'essai)	0.19
6e série (cinq prises d'essai).	0.13
7e série (trois prises d'essai)	0.11
8e série (six prises d'essai)	0.10

Les nombreux essais que nous avons exécutés pour résoudre la question qui nous occupe dans ce paragraphe, nous ont certainement fourni des résultats fort concordants et fort concluants. Dans les con-

ditions défavorables d'un lot de betteraves constitué d'une façon aussi hétérogène que possible, le minimum et le maximum de six analyses diffèrent seulement de 0.10 p. 100. Sur les trente-neuf essais, les écarts les plus considérables entre le minimum et le maximum sont 0.13 et 0.19 p. 100, et il est à remarquer qu'ils sont fournis par deux méthodes d'analyse différentes : l'épuisement alcoolique et la digestion alcoolique.

Nous croyons par conséquent pouvoir conclure qu'une pulpe obtenue par une bonne râpe forme, après mélange, une masse assez homogène pour qu'une prise d'essai de 25 à 50 grammes puisse être considérée comme en représentant la composition moyenne.

CHAPITRE III.

Comparaison des résultats fournis par les différentes méthodes de détermination du sucre dans la betterave.

Si l'on peut conclure des expériences précédentes que les méthodes alcooliques permettent de doser avec précision le saccharose contenu dans la betterave, nous devions déterminer aussi quelles sont les différences entre les résultats fournis par ces méthodes et ceux obtenus à l'aide des autres procédés, et surtout rechercher si ces différences confirment les griefs que nous avons énoncés contre l'ancienne méthode dans l'introduction à ce travail.

Dans ce but, nous avons exécuté six séries d'expériences. Afin que tous les résultats d'une même série fussent comparables entre eux, nous avons opéré comme il suit : la pulpe obtenue par râpage a été mélangée très intimement. Une partie soumise à la pression a fourni le jus destiné aux analyses par voie indirecte. Le reste a servi aux prises d'essai pour les méthodes directes. Dans chaque série, les essais ont été exécutés en double ou en triple, conformément au tableau suivant :

Méthodes indirectes ou par le jus.

I. Méthode ordinaire : polarisation du jus et emploi du coefficient 0.95.
II. Polarisation du jus et emploi comme coefficient du taux de jus d'après Stammer.
III. Polarisation du jus additionné de son volume d'alcool absolu et emploi de l'un des coefficients ci-dessus (Sickel, Stammer).

Méthodes directes.

IV. Digestion aqueuse de la pulpe (Sachs, Pellet).
V. Digestion alcoolique de la pulpe (Sostmann, Rapp, Degener, Stockbridge et Hermann).
VI. Épuisement alcoolique (Scheibler et d'autres).

La méthode basée sur la polarisation du jus additionné d'alcool demande beaucoup de précautions, à cause de la contraction et de l'échauffement qui se produisent lors du mélange de l'alcool avec le jus. Voici comment nous avons opéré :

On a prélevé au moyen d'une pipette 50 centimètres cubes de jus que l'on a introduit dans une fiole jaugée de 100 centimètres cubes. On y a ajouté 30 à 35 centimètres cubes d'alcool absolu en agitant pour faciliter le mélange. On y a introduit ensuite 5 centimètres cubes de sous-acétate de plomb, puis de l'alcool jusqu'au trait, toujours en agitant. Après refroidissement, on a définitivement porté au volume, mélangé, filtré avec les précautions indiquées, puis polarisé [1].

Afin de pouvoir comparer les polarisations des jus alcoolisés et celles des jus polarisés directement, nous avons mesuré également ceux-ci au moyen de la pipette. Nous nous sommes du reste assuré par quelques essais spéciaux de la concordance entre le mesurage fait d'une part au moyen de la fiole jaugée et de l'autre avec la pipette.

1er jus	Ballon	11.02	11.03	Sucre p. 100.
		11.04		
	Pipette	11.10	11.11	
		11.12		
2e jus	Ballon	12.44	12.44	
	Pipette	12.36	12.35	
		12.33		
3e jus	Ballon	11.40	11.38	
		11.36		
	Pipette	11.43	11.42	
		11.41		

1. Les difficultés que l'on éprouve quelquefois dans la polarisation des jus alcooliques proviennent de ce que le tube du saccharimètre n'a pas été suffisamment rincé. Si l'on n'a pas assez de liquide pour rincer le tube quatre ou cinq fois avec la solution à polariser, il faut d'abord le laver deux ou trois fois avec de l'alcool de même titre que celui du jus à observer et ensuite deux fois au moins avec celui-ci.

Pour les méthodes par digestion, nous nous sommes servi de ballons jaugés à col très haut. La pulpe introduite dans le ballon, on portait au volume après avoir ajouté la quantité nécessaire de sous-acétate de plomb. On laissait digérer pendant une heure dans un bain-marie chauffé à 70° C. en ayant soin de mélanger de temps en temps en tournant le ballon sur lui-même. On refroidissait alors et, s'il y avait lieu, on remplaçait les quelques gouttes d'alcool ou d'eau évaporées, on agitait énergiquement, filtrait et polarisait.

Tableaux.

	POLARISATION DU JUS NON ALCOOLISÉ. Sucre p. 100 de betterave.			POLARISATION DU JUS ALCOOLISÉ. Sucre p. 100 de betterave.			COEFFICIENT.			SUCRE P. 100 de betterave.		
		Emploi du coefficient 0.95.	Emploi du coefficient de jus Stammer.		Emploi du coefficient 0.95.	Emploi du coefficient de jus Stammer.	Conventionnel.	Taux de jus d'après Stammer.	Réel. — Rapport entre le sucre du jus et celui de la betterave obtenu par épuisement alcoolique.	Par digestion aqueuse.	Par digestion alcoolique.	Par épuisement alcoolique.
		2	3		4	5	6	7	8	9	10	11
1re série. Betteraves n° 2.	100cc de jus + 10cc de sous-acétate de plomb.	11.10 11.12	11.24 11.26	50cc de jus + 5cc de sous-acétate + alcool jusque 110.	11.04 11.06	11.19 11.21	» »	» »	» »	10.66 10.70	10.57 10.47	10.50 10.59 10.53
Moyennes. .	. . . . .	11.11	11.25	. . . . .	11.05	11.20	95	96.19	90.01	10.68	10.52	10.54
2e série. Betteraves n° 2.	100cc jus + 10cc sous-acétate de plomb.	11.93 11.91	12.06 12.04	50cc de jus + 5cc de sous-acétate + alcool jusque 110.	11.91 11.89	12.04 12.02	» »	» »	» »	11.80 manqué	11.58 11.46	11.50 11.47 11.50
Moyennes. .	. . . . .	11.92	12.05	. . . . .	11.90	12.03	95	96.03	91.55	11.80	11.52	11.49
3e série. Betteraves n° 2.	50cc de jus + 5cc de sous-acétate + eau à 100.	12.18 12.16	12.36 12.33	50cc de jus + 5cc de sous-acétate + alcool à 100.	12.20 12.16	12.38 12.33	» »	» »	» »	11.91 manqué	11.78 11.75	11.70 11.76 11.73
Moyennes. .	. . . . .	12.17	12.35	. . . . .	12.18	12.36	95	96.35	91.57	11.91	11.77	11.73
4e série. Betteraves n° 1.	50cc de jus + 5cc de sous-acétate + eau à 100.	11.28 11.26	11.43 11.41	50cc de jus + 5cc de sous-acétate + alcool à 100.	11.26 11.27	11.41 11.42	» »	» »	» »	10.95 10.92	10.69 10.72	10.59 10.53 10.59
Moyennes. .	. . . . .	11.27	11.42	. . . . .	11.27	11.42	95	96.23	89.05	10.94	10.71	10.57

	POLARISATION DU JUS NON ALCOOLISÉ. Sucre p. 100 de betterave.			POLARISATION DU JUS ALCOOLISÉ. Sucre p. 100 de betterave.			COEFFICIENT.			SUCRE P. 100 de betterave.		
		Emploi du coefficient 0.95.	Emploi du coefficient de jus Stammer.		Emploi du coefficient 0.95.	Emploi du coefficient de jus Stammer.	Conventionnel.	Taux de jus d'après Stammer.	Réel. — Rapport entre le sucre du jus et celui de la betterave obtenu par épuisement alcoolique.	Par digestion aqueuse.	Par digestion alcoolique.	Par épuisement alcoolique.
		2	3		4	5	6	7	8	9	10	11
5e série. Betteraves n° 1.	50cc de jus + 5cc de sous-acétate + eau à 100.	11.10 11.06	11.29 10.25	50cc de jus + 5cc de sous-acétate + alcool à 100.	11.01 10.97	11.20 11.15	» »	» »	» »	10.89 manqué	10.79 10.76	10.72 10.66 10 66
Moyennes. .	. . . . .	11.08	11.27	. . . . .	10.99	11.18	95	96.51	91.52	10.89	10.78	10.68
6e série. Betteraves n° 1.	100cc de jus + 10cc de sous-acétate.	11.72	11.88	50cc de jus + 5cc de sous-acétate + alcool à 100.	»	»	»	»	»	11.14 11.17	10.90 10.96	10.85 manqué
Moyennes. .	. . . . .	»	»	. . . . .	»	»	95	96.29	87.93	11.16	10.93	10.85
7e série. Betteraves n° 1.	50cc de jus + 5cc de sous-acétate + eau à 100.	10.75 10.74 10.74	» » »	50cc de jus + 5cc de sous-acétate + alcool à 100.	10.74 10.71 10.71	» » »	» » »	» » »	» » »	» » »	» » »	» » »
Moyennes. .	. . . . .	10.74	»	. . . . .	10.72	»	»	»	»	»	»	»
8e série. Betteraves n° 1.	100cc de jus + 10cc de sous-acétate + eau à 200.	10.86 10.86	11.02 11.02	100cc de jus + 10cc de sous-acétate + alcool à 200.	10.94 10.96	11.10 11.12	» »	» »	» »	» »	» »	» »
Moyennes. .	. . . . .	10.86	11.02	. . . . .	10.95	11.11	95	96.34	»	»	»	»
9e série. Betteraves n° 1.	100cc de jus + 10cc de sous-acétate + eau à 200.	11.30	11.46	100cc de jus + 10cc de sous-acétate + alcool à 200.	11.25	11.42	95	96.34	»	»	»	»

En examinant d'abord les chiffres des colonnes 2 et 4, 3 et 5, nous constatons, d'accord avec M. Degener, que l'alcool ajouté à froid au jus de betterave ne précipite pas les matières polarisantes non-sucre. Les chiffres obtenus par la méthode ordinaire sont d'accord avec ceux que nous a fournis la polarisation du jus alcoolisé. Nous avons d'ailleurs cherché d'une manière directe dans le précipité plombique la présence du « non-sucre » polarisant.

Deux prises d'essai de 100 centimètres cubes de jus ont été additionnées, l'une de 100 centimètres cubes d'eau distillée et 10 centimètres cubes de sous-acétate de plomb, l'autre de 100 centimètres cubes d'alcool et 10 centimètres cubes de sous-acétate de plomb. Les précipités obtenus ont été lavés, par décantation d'abord, sur des filtres ensuite, le premier à l'eau distillée, le second à l'eau alcoolisée. Après s'être assuré que les liquides de lavage ne polarisaient plus, on a percé les filtres et amené les précipités avec de l'eau dans des ballons de verre. Après dépôt, on a décanté l'excès d'eau, puis on a décomposé les précipités en faisant passer pendant plusieurs heures un courant d'acide sulfhydrique. Chacun des deux liquides a été porté à 200 centimètres cubes, filtré et essayé au saccharimètre Laurent dans le tube de 40 centimètres. Aucun des deux n'a donné de déviation.

L'addition d'alcool à froid au jus de betterave ne précipitant pas le « non-sucre polarisant », cette modification du procédé habituellement suivi ne présente donc aucun avantage.

La comparaison des résultats obtenus par les méthodes alcooliques (épuisement et digestion) avec ceux donnés par la méthode ordinaire démontre que celle-ci exagère la richesse des betteraves d'environ 0.5 p. 100.

TABLEAUX

Différences entre la méthode ordinaire et la digestion alcoolique.

Comparaison des moyennes.

SÉRIE.	MÉTHODE ORDINAIRE coefficient 0.95.		DIGESTION ALCOOLIQUE.		DIFFÉRENCE en sucre p. 100 de betteraves.
	NOMBRE d'essais.	SUCRE P. 100 de betteraves.	NOMBRE d'essais.	SUCRE P. 100 de betteraves.	
1	2	11.11	2	10.52	0.59
2	2	11.92	2	11.52	0.40
3	2	12.17	2	11.77	0.40
4	2	11.27	2	10.71	0.44
5	2	11.08	2	10.78	0.30
6	1	11.72	2	10.93	0.79
				MOYENNE.	0.49

Différences entre la méthode ordinaire et l'épuisement alcoolique.

Comparaison des moyennes.

SÉRIE.	MÉTHODE ORDINAIRE coefficient 0.95		DIGESTION ALCOOLIQUE.		DIFFÉRENCE en sucre p. 100 de betteraves.
	NOMBRE d'essais.	SUCRE P. 100 de betteraves.	NOMBRE d'essais.	SUCRE P. 100 de betteraves.	
1	2	11.11	3	10.54	0.57
2	2	11.92	3	11.49	0.43
3	2	12.17	3	11.73	0.44
4	2	11.27	3	10.57	0.70
5	2	11.08	3	10.68	0.40
6	1	11.72	3	10.85	0.87
				MOYENNE.	0.57

Les différences constatées dans nos essais de cette année sont d'accord avec celle de 0.54 trouvée dans un essai préliminaire que

nous avons déjà relaté en 1886[1], et aussi avec celles trouvées par Tollens, Degener et Maercker[2]. Les causes de ces différences sont multiples. Dans la méthode ordinaire, trois causes d'erreur viennent fausser les résultats :

1° Le jus extrait par pression de la pulpe pour servir à l'analyse, ne représente pas la composition du jus normal;

2° Il renferme des matières polarisantes non-sucre. Ces deux causes tendent à exagérer la richesse de la betterave ;

3° Le coefficient de convention admettant 95 p. 100 de jus est souvent inexact. Toutefois son emploi diminue l'erreur due aux deux causes précédentes, chaque fois que le taux du jus est supérieur à ce chiffre.

La méthode basée sur la polarisation du jus et sur la détermination quantitative de celui-ci par le procédé Stammer, conserve encore les deux premières causes d'erreur. Mais elle supprime le coefficient conventionnel de 0.95 et le remplace par le taux du jus trouvé.

Quoique la quantité de jus trouvée par la méthode de Stammer ne soit pas tout à fait exacte, par suite de l'impossibilité d'obtenir un jus ayant la composition du jus normal[3], elle se rapproche cependant suffisamment de la quantité réelle pour que l'erreur qui peut en résulter dans le calcul de la richesse de la betterave soit insignifiante. Malgré cela, cette méthode d'analyse de la betterave est plus mauvaise encore que la précédente, car le taux moyen du jus dépassant 95 p. 100, l'erreur occasionnée par l'emploi de ce dernier coefficient agit en sens inverse des deux autres et les compense dans une certaine mesure. Les chiffres suivants en sont la démonstration évidente.

---

1. *Bulletin de la Station agricole expérimentale de l'État,* n° 35.
2. Sidersky, *la Sucrerie belge,* n° 9, 1887, p. 167.
3. Voir note 2, p. 234.

Comparaison des différences entre les résultats obtenus par l'épuisement alcoolique et ceux fournis respectivement par l'emploi du coefficient 0.95 et du taux du jus d'après Stammer.

SÉRIES.	DIFFÉRENCE entre l'épuisement alcoolique et la méthode au coefficient de 0.95.	DIFFÉRENCE entre l'épuisement alcoolique et la méthode au coefficient de jus Stammer.
	P. 100	P. 100
1	0.57	0.71
2	0.43	0.56
3	0.44	0.62
4	0.70	0.85
5	0.40	0.59
6	0.87	1.03
	MOYENNE. 0 57	MOYENNE. 0.73

La digestion aqueuse, opérant directement sur un poids donné de betteraves et non sur le jus, évite l'erreur due à l'emploi d'un coefficient de jus, ainsi que celle résultant de l'impossibilité d'obtenir le jus normal, si le « non-sucre polarisant » était un mythe, ainsi que quelques chimistes le prétendent encore ; ce procédé devrait par conséquent donner des résultats identiques à ceux que fournissent les méthodes alcooliques de digestion et d'épuisement. Mais cela n'est pas. Au contraire, la preuve manifeste de l'existence de ces matières résulte de la comparaison des résultats obtenus par la digestion aqueuse et par la digestion alcoolique.

SÉRIES.	DIGESTION		DIFFÉRENCE EN PLUS pour la digestion aqueuse.
	alcoolique.	aqueuse.	
			P. 100
1	10.52	10.68	0.16
2	11.52	11.80	0.28
3	11.77	11.91	0.14
4	10.71	10.94	0.23
5	10.78	10.89	0.11
6	10.93	11.16	0.23
	MOYENNE.		0.19

La digestion aqueuse donne donc dans tous les essais un résultat supérieur à celui de la digestion alcoolique.

La différence moyenne a été dans nos essais de 0.19 p. 100 de sucre.

Rappelons d'ailleurs ici que, d'après les expériences de Scheibler et Tollens, on peut facilement constater la présence des matières polarisantes étrangères dans la pulpe épuisée par l'alcool chaud, en continuant l'extraction par l'eau bouillante. L'extrait aqueux agit toujours sur la lumière polarisée.

Nous avons répété cette expérience avec plein succès.

Deux prises d'essai de 100 grammes de pulpe de betteraves provenant respectivement des lots n°s 1 et 2 ont été complètement épuisées par l'extracteur de Soxhlet. Le dernier extrait ne polarisait plus. Le ballon à alcool a ensuite été remplacé par un ballon à eau distillée chauffée à l'ébullition sur un bain de sable. L'appareil a été enveloppé d'un drap afin d'empêcher la condensation de la vapeur d'eau avant qu'elle arrive dans le réfrigérant. L'extrait aqueux porté à 100 centimètres cubes a été polarisé dans le tube de 20 cent. au saccharimètre de Laurent.

1. Polarisation 4.4. Sucre correspondant à cette polarisation 0.71 p. 100.
2. — 2.1. — — 0.34 p. 100.

Il est indispensable, pour réussir, d'employer de l'eau chaude et d'opérer sur la pulpe épuisée fraîche sans dessiccation préalable, car le « non-sucre polarisant » ne se redissout plus dans l'eau lorsque la pulpe a été desséchée à 100° C.

De la comparaison des chiffres du tableau, il résulte que ni les méthodes basées sur l'analyse du jus, ni l'analyse directe par digestion aqueuse, ne peuvent conduire à la détermination exacte du sucre contenu dans la betterave.

L'épuisement alcoolique permet, d'après les recherches dont nous venons de rendre compte, et dont les résultats sont d'accord avec ceux obtenus par d'autres expérimentateurs, de déterminer la richesse saccharine de la betterave en éliminant les causes d'erreur actuellement connues.

Nous devons nous poser maintenant cette dernière question :

Quel est le procédé alcoolique préférable, la digestion ou l'épuisement ?

Pour nous rendre compte de la concordance entre les deux méthodes, nous résumerons dans le tableau suivant les dosages comparatifs faits dans le cours de notre étude à l'aide de ces procédés.

Nous nous bornons ici à relever seulement le taux de sucre obtenu, les détails opératoires ayant été donnés plus haut.

SÉRIES.	DIGESTION ALCOOLIQUE.	ÉPUISEMENT ALCOOLIQUE.	ÉCART EN FAVEUR de la digestion alcoolique.
1	10.57	10.50	»
	10.47	10.59	»
	»	10.53	»
	MOYENNE. 10.52	MOYENNE. 10.54	— 0.02
2	11.58	11.50	»
	11.46	11.47	»
	»	11.50	»
	MOYENNE. 11.52	MOYENNE. 11.49	+ 0.03
3	11.78	11.70	»
	11.75	11.76	»
	»	11.73	»
	MOYENNE. 11.77	MOYENNE. 11.73	+ 0.04
4	10.69	10.59	»
	10.72	10.53	»
	»	10.59	»
	MOYENNE. 10.71	MOYENNE. 10.57	+ 0.14
5	10.79	10.72	»
	10.76	10.66	»
	»	10.66	»
	MOYENNE. 10.78	MOYENNE. 10.68	+ 0.10
6	10.90	10.85	»
	10.96	»	»
	MOYENNE. 10.93	MOYENNE. 10.85	+ 0.08

En comparant les moyennes, on constate que, dans cinq séries sur six, la digestion donne des résultats un peu supérieurs à ceux de l'épuisement. Les différences ne sont sensibles que dans la quatrième série, où l'écart maximum est de 0.19 p. 100 et l'écart moyen de 0.14 p. 100. Mais quelque minimes que soient les différences constatées, il résulte à l'évidence, de l'ensemble des essais, que la digestion alcoolique donne des chiffres faiblement supérieurs à ceux de l'épuisement alcoolique.

La cause de ce fait nous paraît consister d'abord dans la difficulté d'expulser complètement l'air d'un mélange de pulpe et d'alcool, et ensuite dans l'incertitude qui adhère à la détermination du volume occupé par le marc et dont il faut naturellement tenir compte. Le volume de la solution sucrée serait donc un peu plus faible que celui porté en compte. Nous avons fixé pour chaque série le volume V occupé par le marc de la manière suivante :

P étant le poids de la pulpe employée ;

M celui du marc p. 100 de betterave = 100 — jus d'après Stammer ;

1.6 densité moyenne du marc d'après Tollens.

$$V = \frac{P \times M}{100 \times 1.6}.$$

Degener propose l'emploi d'un coefficient constant de 0.964 pour tenir compte du volume occupé par le marc ; Vivien, de son côté, fixe ce volume à 13 centimètres cubes pour le poids normal de 16^{gr},19 de pulpe.

Les erreurs inhérentes au dosage du marc et à la détermination de sa densité influent nécessairement sur l'exactitude de la valeur de V. Mais, en admettant même que l'on puisse se tromper dans cette détermination du simple au double, la correction à appliquer de ce chef au résultat de l'analyse par digestion n'atteint celui-ci que dans la seconde décimale. Il n'en est pas moins vrai, cependant, que le volume occupé par le marc introduit, dans l'analyse de la betterave par digestion alcoolique, un élément à discussion qui n'existe pas dans la méthode par épuisement.

Écarter autant que cela est possible, dans l'état actuel de la

science, tous les éléments à discussion, tel doit être le principal objectif de celui qui recherche une méthode réellement scientifique. Cette raison nous fait conclure à la supériorité de la méthode par épuisement alcoolique de la pulpe.

Par la rapidité et la facilité de son exécution et par la simplicité du matériel qu'elle exige, la digestion alcoolique se recommande aux chimistes des fabriques qui doivent exécuter des milliers d'analyses par campagne. Elle donne certainement des résultats se rapprochant beaucoup de la vérité, puisqu'ils ne s'écartent de ceux obtenus par l'épuisement que de 0.1 à 0.2 p. 100. Mais nous sommes d'avis que l'épuisement alcoolique est la méthode qui doit être adoptée à l'avenir par tous les laboratoires ayant un caractère scientifique[1].

CONCLUSIONS

Des recherches relatées dans le présent travail, découlent les conclusions suivantes :

1. Il n'existe pas de différence dans le pouvoir rotatoire du saccharose suivant qu'on l'examine en solution aqueuse ou en solution alcoolique.

2. L'épuisement par l'alcool à 85 degrés permet de retirer facilement d'une pulpe suffisamment fine la totalité du sucre qu'elle renferme.

3. Le saccharose disssous dans l'alcool à 60 degrés G.-L. n'est pas décomposé à la température d'ébullition de sa solution.

4. La pulpe obtenue par une bonne râpe forme, après un mélange rapide, une masse assez homogène pour qu'une prise d'essai de 25 à 50 grammes puisse être considérée comme en représentant la composition moyenne.

5. Le procédé d'analyse reposant sur la dilution du jus de betterave par son volume d'alcool absolu donne sensiblement les mêmes

1. Un chimiste, aidé d'un garçon de laboratoire peut, avec cinq appareils de Soxhlet, exécuter en huit heures de travail vingt analyses de betteraves. En réunissant tous les extraits alcooliques et en retirant l'alcool par distillation, la dépense en alcool se réduit de moitié.

chiffres que la méthode ordinaire. L'alcool à froid ne précipitant pas le « non-sucre » optiquement actif, cette modification de l'ancien procédé ne présente aucun avantage.

6. Le titre saccharin de la betterave à sucre, obtenu par digestion ou par épuisement alcoolique de la pulpe, est en moyenne de 0,5. p. 100 inférieur à celui trouvé par l'ancienne méthode. Cette différence est due à ce que trois causes d'erreur viennent influencer les résultats de l'ancienne méthode :

a) Le jus sur lequel porte l'analyse ne représente pas le jus normal.

b) Il renferme des matières polarisantes non-sucre.

c) Le coefficient conventionnel de 0.95 n'est pas exact.

7. La digestion aqueuse de la pulpe opérant non sur le jus, mais bien directement sur la betterave, élimine deux de ces causes d'erreur, mais elle conserve celle due à la présence du « non-sucre polarisant ». Les résultats fournis par ce procédé sont en moyenne de 0.03 p. 100 inférieurs à ceux de la méthode indirecte, et en moyenne de 0.2 p. 100 supérieurs aux chiffres que l'on obtient par les méthodes alcooliques.

8. La digestion alcoolique fournit des résultats faiblement supérieurs à ceux de l'épuisement alcoolique. La différence a varié dans nos essais de 0.03 à 0.14 p. 100. La correction nécessitée par le volume occupé par le marc, quelque minime que soit son influence, introduit dans la méthode de digestion un élément à discussion qui n'existe pas dans le procédé de l'épuisement.

9. L'épuisement par l'alcool d'un poids de 25 à 50 grammes de pulpe mélangée est, dans la situation actuelle de nos connaissances, de toutes les méthodes analytiques, celle qui présente le plus de chances d'exactitude pour déterminer le sucre contenu dans la betterave. Ce procédé se recommande particulièrement aux laboratoires scientifiques, tandis que la digestion alcoolique, par sa rapidité et la simplicité de l'opération et du matériel nécessaire, nous paraît surtout convenir aux laboratoires des fabriques de sucre.

LA

COMPOSITION DU TOPINAMBOUR

Par A. PETERMANN

DIRECTEUR DE LA STATION AGRICOLE EXPÉRIMENTALE DE L'ÉTAT A GEMBLOUX

Nous avons eu l'occasion d'exécuter[1] l'analyse complète de neuf échantillons de topinambours provenant des champs d'expériences de M. de Sébille, le courageux propagateur de la distillation du topinambour en Belgique. Les essais de culture devant être répétés avant de permettre de tirer des conclusions générales sur l'effet produit par les diverses matières fertilisantes expérimentées, nous nous bornons, pour le moment, à faire connaître les résultats des analyses exécutées sur les tubercules récoltés. Nous croyons utile de publier déjà maintenant ces analyses, parce que l'on rencontre fréquemment dans des écrits, des renseignements absolument faux sur la composition du topinambour, s'expliquant par le nombre restreint d'analyses faites et par l'imperfection des méthodes analytiques employées.

1. Ces analyses ont été faites avec le concours de MM. Masson et Graftiau.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	MOYENNE.
Eau	75.04	78.61	76.96	78.37	79.43	76.65	78.08	77.66	78.36	77.68
Hydrates de carbone saccharifiables [1]	15.85	13.69	16.37	14.62	13.45	15.46	13.09	12.72	13.70	14.33
Hydrates de carbone non saccharifiables [2]	6.55	4.95	3.93	4.22	4.12	5.28	6.32	7.12	5.82	5.37
Matières grasses	0.26	0.22	0.12	0.11	0.17	0.19	0.20	0.20	0.14	0.18
Matières albuminoïdes brutes [3]	1.31	1.38	1.50	1.56	1.41	1.25	1.25	1.38	1.06	1.35
Matières minérales (cendres)	0.99	1.15	1.12	1.12	1.39	1.17	1.06	0.92	0.94	1.10
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Azote total	0.21	0.22	0.24	0.25	0.23	0.20	0.20	0.22	0.17	0.22

1. Nous entendons par « hydrates de carbone saccharifiables », la somme des hydrates de carbone : amidon, inuline, lévuline, synanthrose, glucose, levulose (en partie déjà tout formés dans le topinambour), rendus solubles dans l'appareil de Soxhlet sous une pression de 2 atmosphères et transformés ensuite en glucose et dosés comme tels. — L'industrie, opérant la saccharification avec 2 à 3 p. 1000 d'acide sulfurique, compte sur un chiffre moyen de 1 à 2 p. 100 plus élevé.

2. Cellulose et matières extractives non saccharifiables.

3. Azote × 6.25. En tenant compte des matières azotées non albuminoïdes (amides, corps amidés, peptones, ammoniaque et acide nitrique), on trouve, d'après la méthode de Stutzer (voy. GRANDEAU, *Traité d'analyse des matières agricoles*, 2e édit., p. 455) :

Matières albuminoïdes pures	0.91	0.69	0.75	0.88	0.88	0.81	0.81	0.69	0.69	0.79

Par conséquent, sur 100 parties d'azote contenues dans le topinambour, 59.1 seulement s'y trouvent à l'état albuminoïde, soit donc 4.90 sous forme d'amides, etc.

ÉTUDE

SUR

LES ENVELOPPES DES GRAINES

Par A. PETERMANN

DIRECTEUR DE LA STATION AGRICOLE EXPÉRIMENTALE DE L'ÉTAT A GEMBLOUX

Depuis quelques années déjà, j'ai commencé la publication d'un travail sur la valeur nutritive des enveloppes de diverses semences et sur la composition de leurs cendres. Les capsules de cameline, les balles de lin et les cosses de féveroles [1] ont été successivement analysées.

Je reprends aujourd'hui cette étude en m'occupant des *coques de cacao* et des *cosses de minette.*

Les coques de cacao.

Les fruits du cacaoyer (*Theobroma Cacao*), nommés aussi « cabosses », qui atteignent la longueur de 25 centimètres pour un diamètre moyen de 8 à 10 centimètres, renferment dans une chair blanchâtre 25 à 40 amandes. Ovoïdes, plus ou moins aplaties, huileuses et blanches, ces graines prennent, par la dessiccation, une teinte brunâtre.

Après une torréfaction à chaleur modérée, la décortication se fait facilement. Le tégument de la graine, membrane externe, brune et

1. *Recherches de chimie et de physiologie appliquées à l'agriculture,* 2e édition. Paris, Masson, p. 501 à 509.

cassante, se détache et donne le produit appelé dans le commerce « coque de cacao ».

Si l'on considère que, en 1881, l'importation en Europe s'est élevée au chiffre considérable de 12,181,248 kilogrammes[1] de fèves de cacao, qui, par leur décortication, fournissent, d'après les travaux de M. L'Hôte[2], suivant leur provenance, 8.93 à 15.85 p. 100 de coques, on voit que les coques de cacao constituent un déchet industriel important, dont on a intérêt à chercher une utilisation rationnelle.

On sait que les coques de cacao sont utilisées en pharmacie comme « thé de cacao », et en Irlande elles servent à la préparation d'une boisson tonique spéciale. D'après M. Boussingault, à qui l'on doit une étude complète sur le cacao, on emploie quelquefois les coques directement comme engrais, ou indirectement en les faisant entrer dans des briquettes à matières fécales. On les a aussi utilisées pour l'alimentation des moutons.

Consulté sur l'utilisation agricole que pourraient trouver les coques de cacao, j'en ai fait exécuter l'analyse par M. l'ingénieur de Marneffe, préparateur chimiste à la Station agricole.

Composition des coques de cacao.

			D'APRÈS M. Boussingault[3].
Eau	13.24		12.18
Matières albuminoïdes	11.08		14.25
— grasses	2.90		3.90
— extractives non azotées	46.71	62.74	62.78
Cellulose	16.03		
Matières minérales	10.04		6.89
	100.00		100.00

Il résulte d'abord de cette analyse que les coques de cacao constituent un produit beaucoup plus riche en principes nutritifs essentiels

1. *Chimie appliquée*, par Boussingault, t. VII, p. 292.
2. *Ibid.*, t. VII, p. 279.
3. *Chimie agricole*, par Boussingault, t. VII, p. 284. C'est la seule analyse que l'on trouve dans les livres sur la matière. Les tables si complètes de Wolff, Kühn, Dietrich et König, Décugis, n'en renferment pas.

que la plupart des autres enveloppes de graines. Cependant, comme elles sont assez dures, elles doivent s'imprégner difficilement des sucs digestifs et leur coefficient de digestibilité doit par conséquent être assez faible. On sait que celui-ci atteint, dans les balles, à peine 50 p. 100 pour la protéine, 60 p. 100 pour la graisse et les matières extractives non azotées. Il est à présumer toutefois — mais ce n'est évidemment là qu'une appréciation purement théorique — que les quelques dixièmes pour cent de théobromine, principe excitant des fèves de cacao, que renferment leurs coques, exerceront une certaine action stimulante, faisant l'office de condiment, et augmenteront ainsi l'utilisation réelle des principes nutritifs bruts.

Lorsque les coques de cacao sont avariées, rances, couvertes de champignons, de moisissures, etc., on ne peut les utiliser que comme matière fertilisante. C'est ce qui nous a engagé à exécuter également l'analyse de la cendre.

Composition de la matière minérale des coques de cacao.

	CENDRE BRUTE.	CENDRE PURE (exempte de carbone et de sable).
	—	—
Chaux	12.28	15.60
Magnésie	6.81	8.65
Potasse	21.84	27.74
Soude	2.19	2.78
Oxyde de fer	8.62	10.95
Acide silicique	10.75	13.65
— phosphorique	4.03	5.12
— sulfurique	1.41	1.79
— carbonique	9.26	11.83
Chlore	1.93	2.45
Carbone	1.98	»
Sable	19.34	»
	100.44	100.56
Oxygène correspondant au chlore	0.44	0.56
	100.00	100.00

La richesse considérable en potasse sur laquelle j'ai déjà fixé l'attention lors de l'analyse des capsules de cameline, des balles de lin et des cosses de féveroles, se manifeste aussi dans la cendre des

coques de cacao, quoiqu'il s'agisse ici d'un végétal appartenant à une tout autre famille botanique. Le titre élevé en oxyde de fer mérite également une mention, car on sait qu'en général les cendres végétales en renferment peu.

L'analyse de la cendre et le dosage de l'azote permettent d'établir la proportion de principes fertilisants que les coques de cacao enlèvent au sol qui les a produites et, d'autre part, leur valeur comme engrais.

En effet, 1000 kilogrammes de coques de cacao renferment :

17^{kg},72 d'azote,
27 ,85 de potasse,
5 ,12 d'acide phosphorique,
15 ,66 de chaux,
8 ,68 de magnésie.

En tenant compte de ce que la forme sous laquelle l'industrie chocolatière abandonne ce déchet, seulement grossièrement concassé, est peu favorable à une décomposition rapide et que les principes fertilisants s'y trouvent sous un état lentement assimilable, on peut fixer la valeur comme engrais des coques de cacao tout au plus à 13 fr. les 1000 kilogrammes. Il est d'ailleurs bien entendu qu'elles ne doivent être employées à l'alimentation des animaux domestiques que lorsque le produit est propre, sain et non altéré.

Les cosses de minette.

Les cosses de minette (*Medicago lupulina*) séparées des graines forment, dans certaines contrées où la production des graines de légumineuses est devenue une spécialité, un déchet important qui mérite toute attention, vu sa haute valeur nutritive. Comme les tables de Wolff ne renferment point d'analyses de ce produit, j'ai pensé faire chose utile d'établir sa composition. Les analyses suivantes ont été exécutées par M. l'ingénieur Graftiau, préparateur chimiste à la Station agricole de Gembloux.

Composition des cosses de minette.

		FOIN de première qualité pour comparaison.
	—	—
Eau	12.50	16.0
Matières albuminoïdes	13.31	13.5
— grasses	3.49	3.0
— extractives non azotées	39.06	40.5
Cellulose	18.50	19.3
Matières minérales	13.14	7.7
	100.00	100.0

En examinant les titres en principes nutritifs essentiels, on constate que la composition des cosses de minette se rapproche beaucoup de celle du foin de première qualité.

Elles sont tout au moins plus riches en albumine et en graisse que toutes les balles et enveloppes de graines, y compris les cosses de féveroles, employées habituellement dans la ferme. Étant très minces et leur tissu cellulaire étant excessivement tendre, leur coefficient de digestibilité doit être relativement élevé.

Composition de la matière minérale des cosses de minette.

	CENDRE BRUTE.	CENDRE PURE (exempte de carbone et de sable).
	—	—
Chaux	29.60	32.06
Magnésie	2.43	2.63
Potasse	13.08	14.17
Soude	2.30	2.49
Oxyde de fer	12.78	13.84
Acide silicique	6.44	6.97
— phosphorique	1.78	1.93
— sulfurique	1.78	1.93
— carbonique	22.07	23.89
Chlore	0.83	0.90
Sable	7.03	»
Carbone	0.63	»
	100.75	100.81
Oxygène correspondant au chlore	0.75	0.81
	100.00	100.00

Les chiffres précédents permettent ainsi d'établir les quantités de principes nutritifs que les cosses de minette enlèvent au sol ou que l'on importe dans la ferme, si on les acquiert comme fourrage.

1,000 kilogrammes de cosses de minette renferment :

21^{kg},30 d'azote,
17 ,19 de potasse,
2 ,34 d'acide phosphorique,
38 ,89 de chaux,
3 ,19 de magnésie.

RAPPORT

FAIT AU COMITÉ DES STATIONS AGRONOMIQUES

ET DES

LABORATOIRES AGRICOLES

PAR LA SOUS-COMMISSION DES MÉTHODES ANALYTIQUES

(MM. Schloesing, *président ;* Aimé Girard, Grandeau ; Muntz, *rapporteur.*)

I. — Considérations générales.

En décrivant les méthodes analytiques qui, dans l'état actuel de nos connaissances, nous paraissent les plus propres à conduire à des résultats exacts, nous avons cru devoir tenir compte des conditions dans lesquelles se trouvent placés les laboratoires d'analyse qui ont à effectuer, dans un temps déterminé, un certain nombre d'opérations.

Il ne s'agissait donc pas uniquement de la précision des procédés, mais encore de la facilité et de la rapidité de leur application. C'est à ce double point de vue que la commission s'est placée et, dans le choix qu'elle a fait parmi les méthodes analytiques, elle a tenu grand compte des nécessités de la pratique du laboratoire ; mais elle a toujours subordonné toutes les autres considérations à celle de l'exactitude à obtenir dans le dosage.

Les méthodes qui n'ont pas été jugées suffisamment précises ont été écartées. Mais la commission n'a pas la prétention d'avoir fait une œuvre définitive ; elle croit devoir laisser ouverte l'inscription

de procédés nouveaux ou perfectionnés, lorsque ceux-ci auront fait leurs preuves.

Il existe quelquefois pour la détermination d'une même substance des moyens différents qui conduisent au résultat exact. Chaque fois que ce cas s'est présenté, la commission a adopté ces diverses méthodes, laissant à l'opérateur le choix de celle que lui indiqueront ses habitudes, ses ressources, ses préférences personnelles. Mais il ne faut pas oublier que la précision absolue est impossible à atteindre.

L'exactitude des opérations ne dépend pas seulement des méthodes; elle dépend aussi des opérateurs; il y a donc deux causes d'erreur qui tendent à éloigner les chiffres obtenus dans l'analyse du chiffre vrai : l'erreur inhérente au procédé, l'erreur personnelle à l'analyste. Les chiffres que donne le dosage ne sont donc pas mathématiquement égaux aux chiffres exprimant la quantité réelle de la substance envisagée et les écarts pourront être d'autant plus grands que la méthode est susceptible de moins de précision et l'opérateur moins habile.

De là résulteront des divergences entre les résultats obtenus par divers chimistes, divergences qui, dans l'esprit de personnes non initiées, pourront ébranler la confiance dans l'utilité et la valeur de l'épreuve analytique et embarrasser les tribunaux chargés de réprimer les fraudes. Les inconvénients de ces divergences sont apparents plutôt que réels et il convient de les discuter.

Dans les transactions commerciales, il suffit d'avoir des chiffres se rapprochant assez de la vérité absolue pour que l'écart soit sans préjudice appréciable pour l'acheteur ou pour le vendeur, et il y a une certaine latitude dans laquelle peuvent se mouvoir les résultats que l'on peut appeler pratiquement exacts. Il faut donc admettre un écart permis, une tolérance, entre le titre indiqué et celui que donne l'analyse.

De là la nécessité de se rendre compte du degré de certitude qu'offre l'analyse chimique des matières fertilisantes.

C'est une tendance des personnes qui ne sont pas initiées aux sciences expérimentales d'attribuer à celles-ci plus de puissance qu'elles n'ont en réalité. Il est du devoir de ceux qui sont chargés

de préciser les conditions de l'intervention de la science dans les applications industrielles et commerciales de prémunir contre une confiance trop absolue dans les résultats du laboratoire.

On s'imagine souvent que le nombre de décimales est l'indice d'une plus grande exactitude; rien n'est moins vrai et le chimiste qui se rend compte de la valeur des chiffres ne s'attachera jamais à porter ce nombre au delà de ce qui rentre dans les limites des quantités dont il peut répondre. En général, quand les résultats sont rapportés à 100 de matière analysée, le maximum de précision qu'on puisse espérer ne dépasse pas une unité de la première décimale; il n'y a donc à tenir aucun compte d'une seconde et surtout d'une troisième décimale et, par suite, il est superflu de les employer en exprimant le résultat d'une analyse.

Encore, dans la plupart des cas, n'est-ce pas d'une utilité de la première décimale, mais de plusieurs, que les chimistes peuvent s'écarter pour un même produit. On doit donc regarder comme pratiquement concordants les résultats qui ne diffèrent entre eux que d'un petit nombre d'unités de la première décimale, et ce nombre d'unités pourra être d'autant plus grand que la quantité du corps à doser est elle-même plus grande par rapport à la matière analysée.

Pour fixer les idées nous citons quelques résultats:

Analyse d'un phosphate naturel.

	ACIDE PHOSPHORIQUE.
	P. 100.
Quantité réelle	17.3
Premier résultat	17.6
Autre résultat	17.0

Un marchand qui aura vendu avec garantie de 17.5 p. 100 d'acide phosphorique, alors que l'analyste n'aura trouvé que 17.0, n'est donc pas convaincu de fraude, puisque l'écart entre les deux chiffres peut provenir du fait de l'analyse aussi bien que d'un manquant réel. Il n'en serait pas de même si l'écart était plus grand.

Analyse d'un phosphate précipité.

	ACIDE PHOSPHORIQUE.
	P. 100.
Quantité réelle	37.0
Premier résultat	36.5
Autre résultat	37.5

Là encore nous devons admettre que ces divers chiffres sont suffisamment concordants pour les besoins du commerce et que le vendeur qui aurait garanti 37.0, alors que l'analyste n'a trouvé que 36.5, n'est pas convaincu de fraude.

Analyse d'un nitrate de soude.

	NITRATE PUR.
	P. 100.
Quantité réelle	92.3
Premier résultat	91.8
Autre résultat	92.8

Même observation que pour les cas précédents.

Dosage d'azote dans un engrais organique.

	AZOTE.
	P. 100.
Quantité réelle	3.3
Premier résultat	3.4
Autre résultat	3.2

Ici les quantités étant plus faibles, on ne peut tolérer que de plus faibles écarts.

Ces exemples ne fixent pas les limites, ils ne sont destinés qu'à montrer que les analystes peuvent s'écarter, en plus ou en moins, de la vérité absolue.

Sans multiplier ces exemples, on peut dire que chaque fois que les écarts ne dépassent pas 1 p. 100 de la substance dosée ou deux unités de la première décimale, les résultats doivent être regardés comme concordants.

Dans certains cas, les écarts peuvent être plus grands.

C'est au chimiste à déterminer dans chaque cas particulier où il a à se prononcer sur la fraude dans le commerce des engrais, si l'écart entre le chiffre annoncé et le chiffre trouvé est assez faible pour être imputable aux imperfections de l'analyse ou s'il est de nature à incriminer l'engrais analysé.

Le chimiste doit donc apporter de la prudence et du tact dans l'interprétation de ses résultats. Aussi est-il à désirer que les personnes chargées de se prononcer sur ces questions aient, non seulement la pratique des opérations, mais encore les connaissances scientifiques nécessaires pour attribuer à chaque donnée analytique sa véritable valeur. Le choix de l'expert n'est donc pas indifférent.

Dans le cas de contestations, une plus grande attention s'impose à ce dernier, aussi ne doit-il pas se borner à un seul essai, afin de se mettre à l'abri des causes d'erreur accidentelles.

La commission ne s'est occupée dans ce premier travail que des substances fertilisantes d'après lesquelles on calcule ordinairement la valeur des engrais. Mais il est d'autres substances qui ne sont pas généralement vendues sur titre, dont le rôle est important dans l'amélioration ou l'entretien de la fertilité des terres. Les méthodes analytiques à appliquer à ces substances feront l'objet d'un travail ultérieur. La commission complétera son œuvre par la description des divers procédés à employer pour l'analyse des substances agricoles en général, amendements, terres, produits de récoltes, etc.

II. — Examen préliminaire des engrais.

Lorsqu'un engrais est soumis à l'examen du chimiste, celui-ci est ordinairement informé des corps dont il doit déterminer la quantité. Dans ce cas, il portera uniquement son attention sur ces corps, sans s'attacher aux autres substances existant dans l'engrais et une analyse qualitative paraîtrait inutile au premier abord. Mais le fait d'avoir négligé cet examen préliminaire peut avoir l'influence la plus préjudiciable sur l'exactitude des résultats, la coexistence de tels et tels corps nécessitant souvent des modifications dans les procédés analytiques. Les engrais constitués par des mélanges sont fréquemment dans ce cas. Pour ne citer qu'un exemple, le dosage de l'azote

organique se fera par des procédés différents suivant qu'on aura constaté ou non la présence simultanée d'un nitrate.

L'examen préliminaire par l'analyse qualitative s'impose donc dans la plupart des cas; il ne peut être négligé que lorsqu'on se trouve en présence d'engrais simples, tels que le phosphate naturel, le chlorure de potassium, le sulfate d'ammoniaque, etc.

Recherche qualitative de la potasse. — 2 à 3 grammes d'engrais sont traités par 4 ou 5 centimètres cubes d'eau; on triture avec une baguette et on jette sur un filtre. C'est dans cette liqueur qu'on peut reconnaître la présence de la potasse par les procédés suivants :

1° A 2 ou 3 gouttes de liquide on ajoute une goutte d'acide chlorhydrique et 8 à 10 gouttes d'alcool, puis une goutte d'acide perchlorique qui formera avec la potasse un perchlorate cristallin presque insoluble.

2° Quelques gouttes de liquide sont additionnées de 2 ou 3 gouttes de solution de bichlorure de platine; on obtiendra un précipité jaune cristallin de chloroplatinate de potasse, qu'une addition de quelques gouttes d'alcool rendra plus abondant.

Ces deux réactions peuvent cependant aussi se produire avec l'ammoniaque ; elles ne sont absolument certaines que si les sels ammoniacaux ont été au préalable chassés par une calcination de l'engrais.

3° Le réactif de M. Carnot est préférable et peut s'appliquer même en présence des sels ammoniacaux : à quelques gouttes du liquide obtenu par le lavage de l'engrais on ajoute autant de solution d'hyposulfite de soude à 10 p. 100 et 3 ou 4 gouttes d'une liqueur de bismuth, puis de l'alcool en quantité double du volume obtenu par le mélange de ces liquides. Par l'agitation, on voit se former un précipité cristallin d'un beau jaune serin, caractéristique de la potasse.

La préparation de la liqueur de bismuth se fait en dissolvant 100 grammes de sous-nitrate de bismuth, à chaud, dans la quantité nécessaire d'acide chlorhydrique et en étendant le volume à un litre avec de l'alcool à 92°.

Recherche qualitative de l'acide phosphorique. — Quelques centigrammes de matière sont introduits dans un tube à essai avec 2 à 3

centimètres cubes d'acide azotique et autant d'eau, on fait bouillir pendant deux ou trois minutes et on laisse déposer. Au moyen d'un tube étiré on prélève une partie du liquide clair, auquel on ajoute 4 à 5 centimètres cubes de nitromolybdate d'ammoniaque. S'il y a de l'acide phosphorique en quantité appréciable on obtiendra, au bout de peu de temps, un précipité jaune caractéristique de phosphomolybdate d'ammoniaque qu'on peut faire apparaître immédiatement en chauffant vers 60-80°. On a ainsi constaté l'existence de l'acide phosphorique, mais sans savoir sous quel état il se présente.

Pour rechercher si c'est à l'état soluble dans l'eau, on opère exactement comme il vient d'être dit, avec cette différence que l'engrais est traité non par de l'acide azotique, mais par de l'eau seulement. Dans la solution aqueuse, le nitromolybdate d'ammoniaque décèlera la présence de l'acide phosphorique.

Quant à l'acide phosphorique soluble au citrate, le mieux, pour le découvrir, est d'opérer comme si l'on voulait faire un dosage de l'acide phosphorique soluble au citrate.

Le nitromolybdate d'ammoniaque se prépare en dissolvant 100 grammes d'acide molybdique dans 400 grammes d'ammoniaque à 0,95 de densité et en ajoutant la solution obtenue, par petites portions et en agitant constamment, à $1^{kg},5$ d'acide azotique pur à 1,2 de densité.

Recherche qualitative de l'ammoniaque. — 1 à 2 grammes d'engrais sont traités par 4 à 5 centimètres cubes d'eau; on laisse déposer et on prélève une partie du liquide surnageant, qu'on introduit dans un tube à essai avec un peu de potasse. En chauffant, il se dégage de l'ammoniaque qu'on reconnaît à l'odeur, ou au bleuissement que subit un papier de tournesol rouge, humecté d'eau, qu'on présente à l'orifice du tube, ou encore aux fumées blanches qui se produisent lorsqu'on approche une baguette imprégnée d'acide chlorhydrique.

Recherche qualitative de l'acide nitrique. — Quelques décigrammes d'engrais sont placés dans un tube à essai avec un peu de limaille de cuivre, humectés d'un peu d'eau et additionnés de 3 à 4 centimètres cubes d'acide sulfurique. En chauffant, on voit se produire des vapeurs rutilantes.

On peut encore employer le réactif de Desbassyns de Richemont, qui est d'une très grande sensibilité. Quelques centigrammes de matière sont traités par 5 ou 6 gouttes d'eau ; on laisse déposer après avoir trituré avec un agitateur. D'un autre côté on met 4 à 5 centimètres cubes du réactif de Desbassyns et, avec un agitateur, on prélève une goutte du liquide à examiner, qu'on laisse tomber à la surface du réactif, qui s'entoure d'un anneau rose s'il y a du nitrate. En agitant, tout le liquide prend une teinte rosée. Il est indispensable de n'ajouter qu'une seule goutte ; si l'on en mettait davantage la réaction disparaît immédiatement.

Le réactif de Desbassyns se prépare en ajoutant un peu de sulfate de protoxyde de fer, finement pulvérisé, à de l'acide sulfurique pur et incolore, qu'on a fait bouillir au préalable pour le débarrasser de produits nitreux.

Recherche qualitative de l'azote organique. — Lorsqu'il n'y a pas de sels d'ammoniaque en présence, il est facile de reconnaître l'azote organique en chauffant au rouge sombre dans un tube bouché par un bout, un mélange de quelques décigrammes de matière et de quelques grammes de chaux sodée. Les vapeurs ammoniacales qui se dégagent se reconnaissent facilement ; mais s'il y avait en même temps dans le produit examiné des sels ammoniacaux, il faudrait au préalable éliminer ceux-ci par l'eau et traiter ensuite par la chaux sodée le résidu lavé et desséché.

Recherche qualitative de la magnésie. — Lorsqu'on doit effectuer le dosage de l'acide phosphorique dans un superphosphate, il faut s'assurer de la présence de la magnésie, qui obligerait à modifier la marche ordinaire de l'analyse. On procède de la manière suivante : 1 gramme environ d'engrais est traité à chaud par 5 à 6 centimètres cubes d'acide azotique et autant d'eau. On filtre sans laver, et dans le liquide passé, qu'on amène au volume de 60 à 80 centimètres cubes, on ajoute de l'acide citrique et de l'ammoniaque, comme s'il s'agissait d'un dosage d'acide phosphorique (voir plus loin), puis quelques centimètres cubes de solution au 1/10 de phosphate de soude. S'il y a de la magnésie on obtiendra, au bout de quelques heures, un précipité cristallin de phosphate ammoniaco-magnésien.

III. — Échantillonnage des engrais

Prise d'échantillon. — Les engrais peuvent se présenter sous des formes variables; tantôt ils sont pulvérulents, tantôt en masses agglomérées ou pâteuses, tantôt en morceaux durs ou débris plus ou moins gros, tantôt à l'état de pâte plus ou moins liquide, plus ou moins homogène, tantôt enfin à l'état d'un liquide fluide.

Lorsque les engrais sont pulvérulents, et c'est le cas le plus général, leur prise d'échantillon n'offre pas de difficulté. Quand ils sont en sacs, à l'aide d'une sonde suffisamment longue, on prendra l'échantillon dans le sac lui-même, en procédant de la manière suivante :

On ouvre un des angles du sac et on y plonge la sonde en la dirigeant en diagonale vers l'angle opposé ; on répète la même opération successivement sur chacun des quatre angles du sac ; mais lorsque le lot est considérable, il faut répéter la même opération sur un certain nombre de sacs pris au hasard. On réunit tous les produits de ces prélèvements, on les place sur une toile ou sur un papier et on les remue, à la main ou avec une spatule, assez longtemps pour que l'homogénéité puisse être regardée comme parfaite; une partie de ce mélange, représentant 300 à 400 grammes, est placée dans un flacon de verre qu'on bouche avec un bon bouchon de liège.

Lorsque les engrais pulvérulents sont en tonneaux, on perce les deux fonds du tonneau de deux trous, au moyen d'une vrille; ce trou doit être assez grand pour qu'on puisse y introduire la sonde, ce qu'on fait en s'éloignant autant que possible de l'axe du tonneau. Le mélange se fait d'ailleurs comme précédemment.

Lorsque l'engrais est en tas, on peut également se servir de la sonde pour y prélever l'échantillon moyen; mais il faut avoir soin de faire pénétrer cet instrument jusque dans les parties centrales du tas, de même que jusque dans les parties inférieures. Si le tas est trop volumineux pour qu'on puisse arriver à ce résultat, le meilleur moyen consiste à faire une tranchée vers le centre du tas et à prélever ensuite dans un grand nombre de points placés dans les diverses

parties du tas, en y comprenant ceux que la tranchée a rendus libres, les échantillons au moyen de la sonde.

Lorsque l'engrais est en masse pâteuse ou compacte, et qu'il se trouve en sacs ou en tonneaux, il est indispensable de vider plusieurs sacs pris au hasard, sur un plancher ou sur des dalles préalablement balayées ; on mélange alors à la pelle le tas obtenu et on prélève, en différents points de ce tas, des pelletées de l'engrais. Ce nouvel échantillon formé est divisé et mélangé, pulvérisé ou concassé, autant que possible, à l'aide d'une batte ou d'un marteau ; on mélange finalement à la main cette matière plus ou moins pulvérulente et on l'introduit dans un flacon ou dans une boîte métallique.

Quand l'échantillon est primitivement en tas, on procède de la même manière, en pratiquant une tranchée comme il a été expliqué plus haut.

On ne doit dans aucun cas, dans l'une ou l'autre de ces opérations, éliminer les pierres ou les parties étrangères de l'engrais ; elles doivent entrer dans l'échantillon prélevé, dans une proportion autant que possible égale à celle dans laquelle elles existent dans l'engrais.

Des matières peu homogènes, rognures, chiffons, etc., sont disposées en tas et bien mélangées à la pelle ; sur ce mélange, on prélève à la main, dans un très grand nombre d'endroits, une poignée de matière, on réunit le produit de tous ces prélèvements, qu'on mélange à nouveau avec la main et sur lequel on prend finalement l'échantillon destiné à l'analyse.

Moins la matière est homogène, plus grand devra être l'échantillon destiné à l'analyse ; dans quelques cas, il faut prélever jusqu'à 3 et 4 kilogrammes de matière. Cet échantillon est introduit dans une boîte métallique ou dans une caisse en bois bien hermétique.

Les engrais qui sont en pâte plus ou moins liquide (par exemple les vidanges), peuvent présenter deux cas : ou bien ils sont homogènes, et alors il suffit de les mélanger à la pelle et d'en remplir un flacon ; ou bien ils se séparent en deux parties, l'une plus fluide, l'autre plus consistante, dans ce cas il est indispensable de prélever de l'une et de l'autre dans une proportion égale à la proportion dans laquelle elles existent dans le lot à examiner.

Les parties liquides sont remuées et aussitôt, sans laisser le temps de déposer, on en prélève une quantité proportionnelle.

Les parties solides sont divisées à la bêche, on y prélève un échantillon proportionnel et on réunit les deux lots dans un grand flacon à large goulot hermétiquement bouché.

Préparation de l'échantillon au laboratoire. — La prise d'échantillon est une opération qui a autant d'importance que l'analyse elle-même, il convient d'y apporter les soins les plus minutieux, aussi bien dans l'échantillonnage sur place que dans la préparation de l'échantillon au laboratoire.

Cette dernière opération doit consister à donner une homogénéité parfaite au produit soumis à l'examen et, dans aucun cas, même alors que celui-ci paraît homogène, on ne doit se dispenser d'en opérer le mélange préalable. La manière de procéder variera avec la nature de l'engrais. Si celui-ci n'est pas pulvérulent, il faut le pulvériser dans la limite du possible, et opérer ensuite le mélange au mortier. Dans certains cas, comme celui des superphosphates, on a adopté l'usage de passer la matière à travers un tamis de 1 millimètre, en ayant soin de faire entrer dans l'échantillon les parties grossières après pulvérisation, et qui seraient restées sur le tamis.

Lorsque les matières sont trop pâteuses pour être divisées au mortier, on peut les diviser au moyen d'un couteau ou d'une spatule et ensuite opérer le mélange par une sorte de malaxage. On peut encore y incorporer un poids connu de matière pulvérulente inerte, comme par exemple du sable de Fontainebleau ; mais dans ce cas, il faut procéder à un mélange très prolongé. On tiendra compte, dans le calcul, des quantités de matière inerte introduites.

Le plus souvent, l'état pâteux n'est dû qu'à l'humidité de la matière.

Dans ce cas, on en prend un échantillon volumineux qu'on pèse et qu'on dessèche ; on rentre alors dans le cas des engrais pulvérulents, mais il faut tenir compte dans le calcul de l'humidité enlevée. Avant cette opération, il convient de s'assurer que le produit n'est pas modifié par la dessiccation, comme le seraient, par exemple, des superphosphates. Pour ces derniers, qui sont souvent à l'état plus ou moins aggloméré, il est d'usage d'introduire dans leur masse,

pour les diviser, une certaine quantité de sulfate de chaux : on obtient alors une substance de nature pulvérulente.

Pour les rognures, débris, chiffons, etc., en un mot pour les engrais très peu homogènes, il faut les diviser, autant que possible, à l'aide de ciseaux ; s'ils ne sont pas trop durs, on peut encore les passer au moulin, on mélange alors à la main, mais on n'arrive jamais à l'homogénéité complète. Pour obvier à cet inconvénient, on prélève pour l'analyse une quantité plus considérable de matière, qu'on prépare suivant les cas, de manière à opérer l'analyse définitive sur une partie proportionnelle du produit rendu homogène par la préparation qu'on lui a fait subir.

Pour les engrais en pâte plus ou moins liquide, on les dessèche au préalable à 100 degrés, en y introduisant un peu d'acide oxalique dans le cas où ils contiendraient des combinaisons ammoniacales volatiles. Le produit de la dessiccation est passé au moulin.

Cependant avant de procéder à une dessiccation, on doit s'assurer qu'aucune modification ne peut être apportée dans la composition de l'engrais. Ainsi dans le cas d'un mélange contenant du superphosphate et du nitrate, la dessiccation pourrait éliminer de l'acide nitrique, si l'on n'avait pas soin de neutraliser au préalable le phosphate acide par une base, telle que la chaux.

Pour un engrais contenant à la fois des nitrates et des combinaisons ammoniacales volatiles, l'addition d'acide oxalique pourrait également éliminer de l'acide nitrique pendant la dessiccation. Il faut dans ce cas dessécher deux lots, l'un avec de l'acide oxalique, pour le dosage de l'ammoniaque, l'autre sans acide oxalique pour le dosage du nitrate.

Le dosage de l'humidité initiale, même dans les engrais pulvérulents, est utile à pratiquer chaque fois qu'on a à faire subir un maniement prolongé à l'air, car ce maniement pourrait entraîner une dessiccation partielle et la composition de l'engrais se trouverait modifiée. La détermination préalable de l'humidité met à l'abri de cette cause d'erreur.

L'analyse qualitative doit donc précéder toutes les autres opérations, puisque c'est elle qui nous fixera sur les procédés à employer tant pour la préparation de l'échantillon que pour le dosage.

Le chimiste devra apporter le plus grand soin à ces opérations préliminaires et discuter dans chaque cas la marche à suivre.

IV. — Dosage de la potasse.

1° Dosage de la potasse dans un chlorure de potassium par l'acide perchlorique. (Méthode de M. Schlœsing.)

Le chlorure de potassium est l'engrais potassique le plus communément employé, la potasse est le seul élément qu'il soit utile d'y doser.

On dissout dans de l'eau 50 grammes du chlorure à essayer, on étend la solution à un litre et on la rend homogène ; à l'aide d'une pipette graduée, on prélève 20 centimètres cubes de cette solution, qui correspondent à un gramme de matière. On ajoute goutte à goutte une solution saturée de nitrate de baryte, et on s'arrête exactement au moment où une goutte de réactif ne produit plus de trouble dans la liqueur ; pour bien saisir le moment où il faut s'arrêter, on verse la goutte le long de la paroi du vase en regardant si, à l'endroit du contact des deux liquides, il ne se forme plus de nuage. Si l'on attend quelques instants avant chaque addition de nitrate de baryte, il est facile de saisir le point précis auquel il faut s'arrêter. On précipite ainsi les traces d'acide sulfurique qui se trouvent toujours dans ces chlorures.

On verse alors sans filtrer, dans une capsule à fond plat de 7 centimètres de diamètre, en lavant le vase à deux reprises avec quelques gouttes d'eau, puis on évapore, au bain de sable, jusqu'à ce que le liquide soit concentré à 5 centimètres cubes environ.

On ajoute 5 centimètres cubes d'acide nitrique à deux ou trois reprises, en évaporant chaque fois à un petit volume, sans chauffer beaucoup, pour ne pas faire de vapeurs chloronitriques. On élimine ainsi le chlore qui pourrait donner naissance à des projections pendant la transformation en perchlorate. Pour être assuré de l'élimination complète du chlore, on condense les vapeurs de la capsule sur une lame de verre et on y ajoute une goutte d'azotate d'argent. Si aucun précipité ne se produit, tout le chlore est enlevé.

Après la concentration, on ajoute dans la capsule une solution d'acide perchlorique. L'acide perchlorique que l'on emploie doit avoir une densité de 1.7 ; il contient alors environ 90 p. 100 d'acide perchlorique réel. On étend l'acide d'eau, de telle manière que 10 centimètres cubes de la solution contiennent $1^{gr},6$ d'acide réel. En employant dans chaque dosage 10 centimètres cubes de cette solution, on est sûr d'avoir toujours une quantité suffisante d'acide perchlorique, celle-ci étant calculée de manière à pouvoir saturer un gramme de chlorure de sodium.

On évapore à sec au bain de sable, en s'arrêtant lorsque les fumées blanches de l'acide perchlorique, mis en excès, ont cessé de se produire ; puis on arrose la matière avec cinq ou six gouttes d'eau pour empêcher la formation de sulfate de potasse qui eût pu se produire par une double décomposition entre le perchlorate de potasse et le sulfate de baryte, on chasse cette eau par évaporation et on ajoute, dans la capsule refroidie, 10 centimètres cubes d'alcool à 95 degrés qu'il est bon de saturer au préalable de perchlorate de potasse pur.

Au moyen d'une petite baguette de verre, aplatie à un bout, on écrase toute la masse cristalline de manière à ce que l'alcool l'imprègne complètement ; on laisse reposer et on verse l'alcool de lavage sur un très petit filtre plat, destiné à recueillir les particules solides qui pourraient se trouver entraînées. Il est nécessaire, pour obtenir une filtration, de se servir de papier Berzélius. On remet 5 centimètres cubes d'alcool dans la capsule et on procède de la même manière que précédemment, à trois ou quatre reprises différentes; puis comme il pourrait rester encore, dans l'intérieur des cristaux, des sels solubles dans l'alcool et qu'il convient d'enlever, on ajoute sur le résidu salin 5 centimètres cubes d'eau, on chauffe au bain de sable, jusqu'à ce que cette eau soit de nouveau évaporée, et on reprend une dernière fois par quelques centimètres cubes d'alcool ; les perchlorates de baryte, de soude, de chaux, etc., ont été enlevés par l'alcool dans lequel ils sont très solubles, il ne reste dans la capsule et sur le filtre qu'un mélange de perchlorate de potasse et d'une petite quantité de sulfate de baryte insoluble ; 25 à 30 centimètres cubes d'alcool sont en général suffisants pour opérer le

lavage ; mais si l'on a eu la précaution de saturer l'alcool de lavage, au préalable, de perchlorate de potasse, il n'y a aucun inconvénient à pousser le lavage plus loin, jusqu'à 40 à 50 centimètres cubes.

Le perchlorate de potasse est soluble dans l'eau bouillante ; on met dans la capsule 20 centimètres cubes d'eau, on chauffe presque à l'ébullition au bain de sable, pendant 5 minutes, en évitant toute projection et on jette le liquide chaud sur le petit filtre qui a servi aux lavages à l'alcool ; les liqueurs sont reçues dans une petite capsule de porcelaine à fond plat, qu'on a tarée préalablement. On remet 5 centimètres cubes d'eau dans la première capsule ; on fait bouillir et on rajoute sur le filtre, on répète à quatre ou cinq reprises les lavages à l'eau bouillante, chaque fois avec 5 centimètres cubes d'eau. Cette filtration a pour but d'éliminer les matières insolubles, silice, sulfate de baryte, etc., qui souillaient le perchlorate.

On a évaporé à mesure le liquide filtré recueilli dans la capsule tarée, afin qu'elle pût contenir toutes les eaux de lavage.

Le perchlorate de potasse a une tendance à grimper le long des parois pendant l'évaporation et il passe souvent ainsi sur les bords extérieurs de la capsule. On peut remédier à cet inconvénient en ajoutant dans la capsule, avant l'évaporation, deux ou trois gouttes d'acide perchlorique qui empêche le perchlorate de déborder.

Quand l'évaporation est complète et que toute fumée blanche a disparu, on chauffe à 150 degrés environ, pendant dix minutes ; l'augmentation de poids de la capsule correspond au perchlorate de potasse, dont le poids multiplié par 0,339 donne le poids de la potasse contenue dans un gramme de sel essayé.

Quand les quantités d'acide sulfurique sont notables, il faut procéder d'une autre façon et séparer cet acide au préalable.

2° Dosage de la potasse dans un sulfate de potasse par l'acide perchlorique. (Méthode de M. Schlœsing.)

25 grammes de sulfate de potasse sont versés dans un verre de 500 centimètres cubes de capacité, on y ajoute environ 100 centimètres cubes d'eau bouillante en agitant de manière à opérer la dissolution, on laisse en contact pendant quelques minutes et on décante

dans un ballon jaugé de 500 centimètres cubes ; on lave le verre à plusieurs reprises, avec de petites quantités d'eau bouillante, de manière à dissoudre tout le sel et on s'arrête au moment où l'on a presque atteint dans le ballon le volume de 500 centimètres cubes. On laisse alors refroidir, on complète le volume à 500 centimètres cubes et on agite de manière à avoir un liquide homogène.

20 centimètres cubes de cette solution, correspondant à un gramme de sel à essayer, sont versés dans un ballon d'environ 200 centimètres cubes avec 50 centimètres cubes d'eau ; on porte à l'ébullition et on ajoute, par petites portions, une solution de nitrate de baryte, aussi longtemps qu'une nouvelle addition fait naître un précipité. Lorsque la précipitation est complète, on ajoute un petit excès de carbonate d'ammoniaque en poudre, destiné à précipiter la baryte mise en excès et on porte à l'ébullition pendant quelques minutes ; on filtre après avoir laissé déposer. La liqueur est évaporée au bain de sable à un petit volume, puis additionnée de 10 centimètres cubes d'eau régale faible, contenant 1/5 d'acide chlorhydrique seulement ; on évapore de nouveau presque à sec, en plaçant un entonnoir renversé sur la capsule, et on ajoute encore une fois ou, mieux, deux fois de la même eau régale, en chassant toujours celle-ci par l'évaporation ; les sels ammoniacaux sont ainsi éliminés ; leur azote s'en va à l'état libre ; finalement on traite une fois par l'acide azotique pour avoir le sel à l'état de nitrate, on évapore à sec, on additionne de 10 centimètres cubes d'acide perchlorique, dilué suivant la formule précédemment donnée.

On évapore à sec ; après élimination complète des vapeurs d'acide perchlorique en excès, on laisse refroidir, et on lave comme il est dit à propos du chlorure de potassium, par de l'alcool fort saturé de perchlorate de potasse ; mais ici il n'y a comme résidu insoluble que le perchlorate, on se contente de dissoudre par un fin jet d'eau bouillante le sel qui a été entraîné sur le filtre, et on reçoit ce liquide dans la capsule, dans laquelle est restée la plus grande partie du perchlorate ; on évapore à sec et on pèse.

Lorsqu'on a versé le nitrate de baryte avec précaution et que, par suite, on n'en a mis qu'un très léger excès, on peut se dispenser de l'emploi du carbonate d'ammoniaque et on abrège ainsi notablement

l'opération. Mais, dans le cas du sulfate de potasse, il est difficile de s'arrêter juste au moment de la saturation de l'acide sulfurique.

3° Dosage de la potasse dans un engrais complexe par l'acide perchlorique.

On suppose que cet engrais contient de la matière organique, des sels ammoniacaux, du superphosphate de chaux et un sel de potasse, chlorure ou sulfate ; ce cas se présente fréquemment dans la pratique. Le procédé à appliquer est le même pour les engrais complexes, les guanos et les poudrettes.

On prend 5 grammes de matière, on les mêle intimement dans un mortier avec un gramme de chaux hydratée, on verse dans une capsule en porcelaine, on humecte la masse avec quelques gouttes d'eau, on dessèche et on calcine à très basse température, sans dépasser le rouge sombre. Dans cette opération, les superphosphates reviennent à l'état insoluble, la matière organique est carbonisée et les sels ammoniacaux sont éliminés ; on reprend par de très petites quantités d'eau bouillante, on filtre, on lave à l'eau bouillante en s'arrangeant de manière à n'avoir pas plus de 80 centimètres cubes de liqueur environ ; toute la potasse se trouve dissoute.

Dans cette liqueur on ajoute, par petites portions, aussi longtemps qu'il se forme un nouveau précipité, de l'eau de baryte, dont on évite de mettre un excès considérable ; on sépare l'excès de baryte introduit au moyen d'une solution concentrée de carbonate d'ammoniaque, en évitant également de mettre un grand excès de cette dernière solution ; on porte à l'ébullition, on filtre et on lave ; on évapore à un petit volume, puis on traite à plusieurs reprises par de l'acide nitrique additionné d'un cinquième d'acide chlorhydrique, en évaporant chaque fois, et on termine l'opération comme dans le cas d'un sulfate. L'addition d'acide chlorhydrique a pour but de produire de l'eau régale qui détruit les sels ammoniacaux. Le résultat obtenu correspond à 5 grammes de matière employée. Quand l'engrais est très riche en potasse, par exemple, quand il en contient plus de 10 p. 100, il ne faut opérer que sur deux grammes de matière.

4° Dosage de la potasse dans les salins et dans les potasses raffinées, par la méthode au platine et au formiate de soude de MM. Corenwinder et Contamine.

Dans ces dernières années, on a préconisé l'emploi d'une méthode qui est rapide et exacte, quand on la pratique avec tout le soin voulu. On peut la regarder comme aussi précise que le procédé au perchlorate. Elle s'applique en général aux sels de potasse. Mais il est utile de s'assurer au préalable que ceux-ci ne contiennent pas d'ammoniaque ; si la présence de cette base était constatée, il faudrait chauffer au rouge le sel à essayer avant de procéder au dosage ; les sels ammoniacaux sont ainsi éliminés ; mais il faut éviter de pousser la température trop haut ou de la prolonger, de crainte de volatiliser les sels de potasse.

On prend 25 grammes de sel à analyser, on calcine comme on vient de le dire, mais seulement dans le cas très rare où il y a des sels ammoniacaux ou de la matière organique, on dissout à l'ébullition dans 600 ou 800 centimètres cubes d'eau, on laisse refroidir et on amène le volume total à un litre ; après avoir rendu le liquide homogène, on en filtre une partie ; on prélève 20 centimètres cubes, correspondant à 5 décigrammes de matière, on acidule la liqueur par de l'acide chlorhydrique, on évapore à sec et on pèse le résidu salin afin de savoir quelle quantité de bichlorure de platine il faut y ajouter pour que ce dernier soit en excès. On calcule la quantité de bichlorure, de manière à ce qu'elle soit suffisante pour saturer la quantité du sel pesé, que l'on considère comme étant du chlorure de sodium ; l'équivalent de la soude étant moins élevé que celui de la potasse, on est sûr, de cette manière, d'avoir un excès de chlorure de platine. La solution de chlorure de platine devra contenir, dans 100 centimètres cubes, 17 grammes de platine ; chaque centimètre cube de cette solution sera suffisant par décigramme du poids du résidu salin obtenu. On évapore le mélange dans une capsule à fond plat au bain-marie ; la capsule est placée sur un rond métallique qui est lui-même séparé des bords du bain-marie par un gros rond de carton, destiné à empêcher le bichlorure de platine d'être chauffé

au delà de 100 degrés, température au-dessus de laquelle il pourrait se former un peu de sous-chlorure de platine, insoluble dans l'alcool.

On pousse l'évaporation jusqu'au moment où le produit a une consistance pâteuse et se prend en masse par le refroidissement ; il faut éviter une dessiccation complète. Après refroidissement, on laisse digérer pendant plusieurs heures avec 15 centimètres cubes d'alcool à 95 degrés, en ayant soin de placer la capsule sous une petite cloche. On agite de temps en temps avec une baguette le contenu de la capsule, on décante le liquide surnageant sur un petit filtre, on lave avec l'alcool jusqu'au moment où le liquide qui passe est tout à fait incolore.

On avait recommandé d'employer un mélange d'alcool et d'éther ; mais le traitement par ce mélange ne se fait pas sans difficulté ; il est rare que le liquide ne grimpe pas le long des parois de la capsule et ne déborde sur la paroi extérieure. Cet inconvénient est difficile à éviter avec l'emploi du mélange d'alcool et d'éther, mais ce lavage peut aussi s'opérer avec de l'alcool seul à 95 degrés, qui ne dissout pas de chloroplatinate de potasse. Dans ce cas le liquide grimpe moins.

On a ainsi obtenu, comme résidu insoluble, un mélange de chloroplatinate de potasse avec des quantités variables de phosphate de soude, de silice, d'oxyde de fer, etc. On dissout par l'eau bouillante la matière restée dans la capsule et on la verse sur le filtre, on continue le lavage de la capsule et du filtre par l'eau bouillante, jusqu'au moment où tout le chloroplatinate est dissous, ce qu'on constate facilement par la décoloration du filtre. La solution de chloroplatinate est reçue dans une capsule bien vernissée et dans le vernis de laquelle il ne se trouve pas de stries. On chauffe au bain de sable jusqu'à l'ébullition et on verse, par très petites portions, du formiate de soude dissous dans l'eau, tout en retirant la capsule du feu, pour éviter les projections. La réaction est assez vive, le platine est réduit à l'état métallique. On ajoute du formiate de soude jusqu'à ce que le liquide soit complètement décoloré. On peut avantageusement remplacer la capsule par un vase en verre trempé ou un verre de Bohême, à bec, qu'on recouvre d'un verre de montre pendant la

réaction. Non seulement on évite ainsi des pertes par projection, mais on est aussi à l'abri des inconvénients que présentent dans les capsules les stries sur lesquelles le platine adhère fortement.

Le platine s'est précipité sous forme de poudre noire; pour le concréter, on évapore le liquide à peu près à moitié, on verse sur un petit filtre, en y faisant tomber le platine avec de l'eau froide légèrement acidulée et, lorsque tout le platine est réuni sur le filtre, on achève le lavage à l'eau bouillante. Il arrive souvent que le platine passe à travers le filtre, ce qu'on remarque facilement à la teinte d'un gris métallique que prend le liquide filtré ; il faut alors laisser déposer ce liquide du jour au lendemain, décanter la partie surnageante et ajouter sur le filtre le dépôt noir qui s'est formé, en employant encore de l'eau froide pour le lavage ; mais cet inconvénient ne se produit que lorsque le liquide n'a pas été suffisamment évaporé pour concréter le platine; il faut donc donner une grande attention à cette évaporation.

Le filtre est séché et calciné, on obtient ainsi le poids du platine correspondant à celui de la potasse (100 de platine équivalent à 47.57 de potasse). Le procédé s'applique non seulement au chlorure de potassium, mais aussi aux salins, aux potasses raffinées et même au sulfate de potasse, sans séparation préalable de l'acide sulfurique.

5° Dosage de la potasse à l'état de chlorure double de platine et de potassium. Séparation de la potasse et de la soude.

Ce procédé de dosage classique fournit de bons résultats ; il est fondé sur la propriété que possède le bichlorure de platine de donner, avec les chlorures de potassium et de sodium, des chlorures doubles de potassium et de sodium, qu'il est facile de séparer, le chloroplatinate de potasse étant insoluble dans l'alcool, tandis que le chloroplatinate de soude y est soluble.

La première opération consiste à ramener la potasse et la soude à l'état de chlorures.

Soit le cas d'un engrais complexe, il faut commencer par détruire la matière organique et les sels ammoniacaux par une calcination ou un grillage ; mais en ayant soin de ne pas pousser la température

trop loin, de peur de volatiliser de la potasse. Le produit de la calcination qui, suivant la richesse présumée de l'engrais, provient de 1 à 5 grammes de matière primitive, est traité par de l'eau chaude ; on ajoute à la solution, qu'il est inutile de filtrer au préalable, un léger excès d'eau de baryte, puis on filtre. Dans la solution filtrée, on ajoute du carbonate d'ammoniaque en excès ; on fait bouillir, on filtre de nouveau et on évapore à sec la solution claire dans une capsule de platine ; on ajoute à la matière 4 ou 5 grammes d'acide oxalique en poudre de manière à recouvrir la matière, on humecte avec quelques gouttes d'eau pour encroûter l'acide oxalique au-dessus de la matière, on recouvre d'un entonnoir qui pénètre de quelques millimètres dans la capsule, on chauffe modérément au bain de sable, en ajoutant de temps en temps quelques gouttes d'eau ; puis on chauffe plus fort au bain de sable, jusqu'à ce que tout dégagement de gaz et de vapeur ait cessé. Il se forme dans l'intérieur de la capsule des gaz réducteurs, notamment de l'oxyde de carbone, qui réagissent sur les azotates et achèvent de les transformer en carbonates. On n'a pas à craindre de pertes pendant cette opération, parce que l'acide oxalique, en se décomposant, tout en bouillant vivement, ne projette pas de matière. Il ne faut pas craindre à la fin de l'opération de porter la capsule jusqu'au rouge, qu'on maintient pendant quelques instants. On reprend par de petites quantités d'eau chaude, on filtre si c'est nécessaire ; la magnésie, le carbonate de chaux, etc., restent sur le filtre ; dans la solution filtrée, dans laquelle les alcalis se trouvent à l'état de carbonates, on met de l'acide chlorhydrique, on évapore à sec et on pèse le mélange des chlorures, auquel on ajoute une quantité connue de chlorure de platine, comme il est expliqué précédemment ; on évapore à sec au bain-marie, mais sans prolonger la dessiccation au delà de ce qui est indispensable.

Le résidu est repris par de l'alcool à 95°, qu'on laisse pendant quelque temps séjourner sur la matière, après avoir bien agité afin d'obtenir la précipitation complète du chloroplatinate. Cette digestion doit se faire sous une petite cloche à bords rodés et suiffés, reposant sur une plaque de verre dépolie. On empêche ainsi l'alcool de s'évaporer et de former sur les parois de la capsule des dépôts qui finissent par atteindre et dépasser le bord supérieur du vase.

On lave au moyen de cet alcool, en décantant les liqueurs sur un petit filtre placé lui-même dans un autre filtre d'un poids identique, qui lui sert de tare sur les deux plateaux d'une balance ; le lavage est prolongé jusqu'à ce que les liqueurs passent tout à fait incolores. On s'arrange, pendant le lavage, de manière à faire tomber sur le filtre toute la matière, en détachant avec une barbe de plume celle qui resterait dans la capsule ; on dessèche à une température ne dépassant pas 95° et on pèse le chloroplatinate recueilli sur le filtre intérieur. On peut encore laisser la matière dans la capsule dans laquelle on fait tomber, au moyen d'un fin jet d'alcool, le chloroplatinate qui était entraîné sur le filtre. On pèse dans la capsule même, après dessiccation à 95°. La pesée doit se faire rapidement à cause de l'hygroscopicité de la matière.

Lorsqu'on a recueilli le précipité sur le filtre, il est prudent d'introduire celui-ci, au sortir de l'étuve, dans un étui en verre léger, bouché à l'émeri, en prenant la précaution de tarer cet étui avec un autre semblable, dans lequel on mettra le filtre vide. Le poids obtenu multiplié par 0,193 donne la quantité de potasse correspondante.

6° Détermination de la soude.

On peut doser la soude par différence. Étant donné qu'on connaît le poids du mélange de chlorure de potassium et de chlorure de sodium et qu'on a dosé comme on vient de le dire la potasse, on n'a qu'à retrancher, du poids total, le poids du chlorure de potassium correspondant à la potasse obtenue ; on aura ainsi le poids du chlorure de sodium.

Mais il vaut mieux opérer un dosage direct : la soude se trouve tout entière dans la dissolution alcoolique, dont on a séparé par filtration le chloroplatinate de potasse. Cette liqueur est évaporée à sec, au bain de sable, dans un verre de Bohême d'environ 100 centimètres cubes de capacité. Le résidu est formé de chloroplatinate de soude et d'un peu de bichlorure de platine. On adapte au verre de Bohême un bouchon de liège avec deux tubes. On maintient l'appareil sur un bain de sable à une douce chaleur, on fait arriver par l'un des tubes,

qui plonge jusqu'au fond du verre de Bohême, un courant d'hydrogène, l'autre tube sert au dégagement des gaz. L'hydrogène réduit complètement les sels de platine. Pour faciliter l'attaque du résidu solide dans toute son épaisseur, on ajoute quelques gouttes d'eau ; quand toute la surface a noirci, on agite, on évapore à sec et on fait de nouveau passer de l'hydrogène. On répète trois ou quatre fois cette opération, en s'arrêtant au moment où l'eau ajoutée ne se colore plus en jaune ; on n'a plus alors qu'un mélange de platine réduit et de chlorure de sodium. Aucune trace de ce dernier n'a été perdue, car la température n'a pas dépassé 100°. On dissout le chlorure de sodium par des lavages à l'eau. Ce liquide, qui doit être absolument incolore, est évaporé à sec dans une capsule de platine et pesé : on obtient ainsi le poids du chlorure de sodium. Comme vérification, la somme du poids du chlorure de potassium, calculée d'après le chloroplatinate et le poids du chlorure du sodium trouvé, doit être égale au poids initial du mélange des deux chlorures.

V. — Dosage de l'azote sous ses divers états.

1° Dosage de l'azote organique par la chaux sodée dans un engrais riche ne contenant pas de nitrate (Ex. : sang desséché).

L'azote qui se trouve à l'état organique dans les engrais se transforme en ammoniaque lorsqu'on chauffe la matière avec de la chaux sodée. Cette réaction est la base du procédé d'analyse dont il est ici question. La présence des nitrates ne permet pas l'emploi de cette méthode.

Dans un tube de verre vert bien nettoyé et fermé par un bout long de 35 à 40 centimètres, on met d'abord, sur une longueur de 2 centimètres, de l'oxalate de chaux, puis sur 5 centimètres de longueur, de la chaux sodée en petits fragments et on y introduit un mélange, fait dans un mortier, de 50 centigrammes de la matière à analyser, avec de la chaux sodée réduite en poudre grossière ; ce mélange ne doit pas occuper une longueur de plus de 12 à 15 centimètres dans le tube. Au moyen de petites quantités de chaux sodée,

on lave le mortier et la main de cuivre qui a servi à l'introduction de la matière, puis on achève de remplir le tube, jusqu'à 4 centimètres de l'extrémité, par de la chaux sodée en petits fragments. On bouche au moyen d'un tampon d'amiante assez serré pour empêcher tout entraînement de la chaux sodée par le dégagement gazeux ; on essuie soigneusement avec un papier le bord intérieur du tube et on bouche avec un bouchon de liège, puis on enroule autour du tube une bande de clinquant, en laissant libres les deux extrémités du tube sur une longueur de 4 centimètres ; on fixe le clinquant au moyen de fils de cuivre tordus, et on remplace le bouchon de liège par un bouchon de caoutchouc, portant un tube à gaz recourbé à angle droit et très étiré à sa partie la plus longue ; on place le tube sur une grille à gaz ou à charbon, puis on engage l'extrémité étirée du tube abducteur dans un tube à essai de grande dimension, dans lequel on met 10 centimètres cubes de liqueur acide normale et 10 centimètres cubes d'eau, en même temps qu'on colore par une quantité constante de teinture de tournesol ; la partie effilée doit plonger jusqu'au fond du tube à essai. A ce tube on peut substituer une fiole, ce qui évite le transvasement avant le titrage. On peut encore employer un tube à boule de Will et Warrentrapp, mais l'usage de ce tube ne nous paraît pas commode.

On commence à chauffer l'extrémité ouverte du tube ; lorsque cette partie est rouge, on avance progressivement vers la partie où se trouve la matière, en allumant les becs ou approchant les charbons, de manière à obtenir un dégagement de bulles qui soit régulier et pas trop précipité. On continue ainsi jusqu'à ce que toute la matière soit décomposée, en chauffant de manière à ce que le tube arrive à la température du rouge sombre, qu'il faut maintenir jusqu'à la fin de l'opération, mais sans la dépasser. Finalement lorsque le dégagement de gaz a presque cessé, on élève la température du tube au rouge vif et on commence à chauffer peu à peu la partie dans laquelle se trouve l'oxalate de chaux, destiné à fournir de l'hydrogène, qui chasse les dernières traces d'ammoniaque. Lorsque tout dégagement de gaz a cessé, on dirige, au moyen d'une pissette, un jet d'eau froide sur la partie antérieure du tube, en tenant à la main le tube abducteur et le tube à essai. Le tube en verre vert se

brise ; on détache le bouchon, on lave le tube abducteur à l'intérieur et à l'extérieur, en recevant les eaux de lavage dans le tube à essai ; tout le liquide est ensuite transvasé dans un verre à dosage, on lave et on procède au titrage au moyen de la liqueur de potasse, comme s'il s'agissait de doser l'ammoniaque. On prend de même le titre de 10 centimètres cubes d'acide normal et on fait le calcul comme il est expliqué au sujet du dosage de l'ammoniaque. 17 d'ammoniaque correspondent à 14 d'azote.

Il arrive que, lorsque l'engrais contient des sels ammoniacaux, une partie de l'ammoniaque se dégage pendant qu'on fait le mélange dans le mortier. Dans ce cas il faut procéder très rapidement et avoir d'avance la chaux sodée toute pulvérisée. Pour plus de sûreté, on peut triturer la matière avec quelques cristaux d'acide oxalique, avant de la mêler à la chaux sodée.

Il serait préférable de doser d'abord l'ammoniaque toute formée, en la déplaçant par la magnésie, et d'opérer ensuite sur le résidu pour le dosage de l'azote organique par la chaux sodée ; mais on allongerait ainsi de beaucoup le dosage. Les précautions que nous avons indiquées pour éviter les pertes d'ammoniaque sont suffisantes.

Souvent l'échantillon sur lequel on opère n'est pas sec et il faut au préalable l'amener à l'état de siccité ; mais si cette dessiccation était faite sans précaution spéciale on pourrait perdre par volatilisation de l'ammoniaque libre ou carbonatée ; tel serait le cas du fumier de ferme, du purin, etc., on évite cet inconvénient en ajoutant à la matière assez d'acide oxalique en poudre pour donner une réaction franchement acide à la masse, l'ammoniaque se trouve ainsi fixée à l'état d'oxalate. On peut tenir compte dans le poids de la matière employée pour l'analyse du poids de l'acide oxalique ajouté.

Préparation de la chaux sodée. — Dans une terrine en grès, on met 600 grammes de chaux éteinte en poudre et on verse dessus une solution de 260 grammes de soude caustique dans 250 centimètres cubes d'eau ; on fait une pâte qu'on introduit dans un creuset en terre et qu'on chauffe au rouge ; on fait sortir la matière encore chaude du creuset, on la concasse rapidement dans un mortier de cuivre, de manière à avoir des grains de la grosseur d'un

pois environ et qui ne sont pas trop mélangés de poudre, on enferme cette matière encore chaude dans un flacon bien bouché.

Préparation de l'oxalate de chaux. — Dans une petite bassine de cuivre, on met 100 grammes d'acide oxalique, on y ajoute, en faisant bouillir, assez d'eau pour tout dissoudre, puis on y jette par petites portions de la chaux éteinte en poudre, en remuant constamment, jusqu'à ce que le papier de tournesol indique qu'il y a de la chaux en excès ; on évapore d'abord à feu nu en agitant fortement, puis on achève la dessiccation au bain de sable ; on met la matière desséchée dans un flacon bien bouché.

2° Dosage de l'azote organique dans un engrais pauvre en azote, ne contenant pas de nitrate.

Le dosage par la chaux sodée s'effectue facilement sur les engrais qui ne contiennent pas de nitrate ; c'est le cas que nous supposons encore ici, mais en considérant un engrais moins riche en azote que le précédent. On opère sur 1 gramme de matière ; on procède exactement comme à l'article précédent, avec cette seule différence qu'on substitue à l'acide titré normal l'acide titré décime et qu'on se sert d'eau de chaux pour faire la saturation de l'acide. Comme il peut arriver que l'engrais soit plus riche en azote qu'on ne pensait et que, par suite, les 10 centimètres cubes d'acide décime pourraient se trouver saturés complètement, ce qui occasionnerait une perte d'ammoniaque, il est prudent d'ajouter dans le tube à essai quelques gouttes de teinture de tournesol, qui montreraient, en virant au bleu, que l'acide est saturé ; dans ce cas, pour ne pas perdre l'opération, il faudrait ajouter aussitôt 10 autres centimètres cubes d'acide décime et achever l'opération comme précédemment. On tient compte par le calcul de 10 centimètres cubes d'acide décime ajoutés en plus.

Exemple de calcul : il a fallu $26^{cc},5$ d'eau de chaux pour saturer 10 centimètres cubes d'acide titré ; la matière contenait plus d'azote que n'en pouvaient saturer les 10 centimètres cubes d'acide placés dans le tube à essai, et on a dû ajouter 10 autres centimètres cubes.

Pour opérer la saturation de cette liqueur, il a fallu $18^{cc},5$ d'eau de chaux. La quantité d'azote sera la suivante :

$$\frac{26,5 + (26,5 - 18,5)}{26,5} \times 0,0175.$$

en admettant que 10 centimètres cubes d'acide titré équivalent à $0^{gr},0175$ d'azote.

3° Dosage de l'azote dans les substances peu homogènes et difficiles à pulvériser. (Procédé de M. Grandeau.)

Il peut arriver que l'engrais azoté soit en morceaux difficiles à diviser et de natures différentes : tel est le cas des déchets de drap, de cuir, de laine, etc. ; il est alors impossible d'obtenir un mélange homogène sur lequel on puisse prélever la quantité de matière destinée à l'analyse. Dans ce cas, on traite, dans une capsule de porcelaine, 50 grammes de la matière à analyser, par une quantité d'acide sulfurique concentré suffisante pour imprégner toute la masse ; on chauffe au bain de sable en remuant fréquemment, jusqu'à ce que la désagrégation soit complète. Alors on ajoute, par petites portions, de la craie finement pulvérisée, jusqu'à ce qu'on ait obtenu une masse solide, qu'on broye dans un mortier et qu'on mélange avec soin. On n'a pas saturé complètement l'acide par la craie, de sorte que, pendant la manipulation, il ne peut se produire aucune déperdition d'ammoniaque. On prend le poids de la poudre ainsi obtenue, dont on pèse la cinquantième partie pour l'analyse ; on opère ainsi sur une matière correspondant à 1 gramme de l'engrais à essayer. Cette partie est traitée par la chaux sodée comme s'il s'agissait d'un dosage ordinaire ; là encore, suivant la richesse supposée de l'engrais, on emploie l'acide sulfurique titré normal ou l'acide décime. Cette méthode ne serait pas applicable aux cas où il y aurait des nitrates.

Dans le cas où l'on opérerait le dosage par le procédé Kjeldahl, on ne saturerait pas l'acide, mais on prendrait une fraction déterminée, soit par exemple 1/50 de la bouillie acide obtenue, correspondant à 1 gramme de matière.

4° Dosage de l'azote sous ses trois états dans un engrais complexe.

Le cas se présente fréquemment dans la pratique d'avoir à déterminer, dans un même engrais, l'azote à l'état de nitrate, à l'état d'ammoniaque et à l'état d'azote engagé dans des combinaisons organiques. Le dosage de l'azote en bloc ne pourrait se faire qu'au moyen de la méthode qui consiste à mesurer l'azote en volume. Le procédé ordinaire par la chaux sodée ne donnerait que des indications erronées.

Il est souvent nécessaire de séparer ces diverses formes de l'azote pour les doser isolément, d'autant plus que leur valeur commerciale n'étant pas la même, il est indispensable, pour fixer le prix de l'engrais, de connaître la proportion de chacune d'entre elles.

a. *Dosage de l'azote nitrique.* — On prend 66 grammes de matière qu'on triture dans un mortier, avec un peu d'eau ; on épuise par l'eau en décantant la liqueur dans un ballon jaugé d'un litre, et lavant le résidu un grand nombre de fois, jusqu'à ce qu'on ait complété le volume d'un litre ; tout le nitrate est en dissolution, on le dose comme il est expliqué au paragraphe traitant de l'analyse des nitrates.

b. *Dosage de l'ammoniaque.* — On introduit 1 gramme d'engrais dans l'appareil à distillation de M. Schlœsing ; on y ajoute 200 centimètres cubes d'eau et 1 gramme de magnésie calcinée, on distille en recueillant dans l'acide sulfurique titré. Si l'engrais est riche en ammoniaque, on emploie l'acide titré normal ; s'il est pauvre, on emploie l'acide au dixième.

c. *Dosage de l'azote organique.* — L'azote organique se trouve généralement dans les engrais en même temps à l'état soluble et à l'état insoluble ; on dose cet azote sous une seule forme ; mais comme il y a lieu, pour pouvoir opérer ce dosage, d'éliminer complètement les nitrates, on perdrait l'azote organique soluble, si l'on procédait par des lavages à l'eau.

Voici comment il convient de procéder : dans une capsule à fond plat de 9 centimètres de diamètre, on met 2 grammes d'engrais à

essayer ; on y ajoute 10 centimètres cubes de liqueur de protochlorure de fer et 10 centimètres cubes d'acide chlorhydrique ; on recouvre la capsule d'un entonnoir pour éviter les projections et on porte rapidement à l'ébullition, qu'on maintient jusqu'à ce que les vapeurs nitreuses soient complètement éliminées. Puis on évapore à sec, au bain de sable, en s'arrêtant au moment où les vapeurs acides cessent de se dégager ; il est important de ne pas prolonger inutilement l'action du feu, afin de ne pas volatiliser les sels ammoniacaux ; puis on ajoute dans la capsule 4 grammes de craie pulvérisée ; on mélange la masse de manière à obtenir une poudre qui se détache facilement et on enlève soigneusement la matière de la capsule. Cette matière est introduite dans le tube à chaux sodée ; comme elle est assez volumineuse, il y a lieu d'employer un tube de 40 à 45 centimètres de longueur. On conduit l'opération comme dans un dosage ordinaire. Dans ces traitements on n'a pas éliminé l'ammoniaque ; l'azote trouvé représente donc la somme de l'azote organique et de l'azote ammoniacal. Comme on a déterminé ce dernier isolément, on le retranche du chiffre trouvé dans cet essai et on obtient ainsi l'azote qui existe à l'état organique.

5° Dosage de l'azote par la méthode Kjeldahl.

Cette méthode se recommande par la rapidité de son exécution et par la facilité avec laquelle on peut mener de front un grand nombre de dosages.

Le principe est le suivant : transformation de l'azote organique en azote ammoniacal, au moyen de l'acide sulfurique additionné soit de sulfate de cuivre déshydraté, soit d'oxyde rouge de mercure, soit plutôt de mercure métallique, ajoutés dès le commencement ; on distille ensuite le liquide avec une lessive de soude libre de toute trace de carbonate, obtenue par l'ébullition avec de la baryte hydratée ; le dosage de l'ammoniaque se fait à la manière habituelle à l'aide d'acide sulfurique titré.

Cette méthode n'est pas encore applicable aux cas où on se trouve en présence de quantités appréciables de nitrates.

L'attaque par l'acide se fait dans des ballons de 200 à 250 centi-

mètres cubes de capacité ; on introduit la matière, soit, 5 décigrammes ou 1 gramme et on ajoute 1 gramme environ de mercure métallique, ou encore 2 ou 3 grammes de sulfate de cuivre sec en poudre. Pour mettre la quantité voulue de mercure, il est commode de se servir d'un tube capillaire jaugé une fois pour toutes. Les fourrages très riches en matières grasses sont additionnés d'un peu de paraffine, afin d'empêcher le boursouflement, puis on verse sur le tout 20 centimètres cubes d'acide sulfurique pur et monohydraté ; on commence par chauffer doucement, puis plus fort. On maintient l'ébullition jusqu'à ce que le liquide soit devenu tout à fait limpide. Il n'est pas indispensable que la décoloration de l'acide soit complète ; mais la limpidité doit être parfaite. Une demi-heure à trois quarts d'heure d'ébullition sont en général suffisants pour la transformation intégrale de l'azote en ammoniaque. Les ballons sont placés inclinés sur un support de toile métallique. On peut placer dans le goulot de ces ballons une petite boule de verre qui empêche d'une part une évaporation trop forte de l'acide, et de l'autre toute perte de matière par projection.

Le liquide étant devenu tout à fait clair à froid, on ajoute avec précaution un peu d'eau, puis en plus ample quantité, jusqu'à ce qu'on en ait mis 100 centimètres cubes.

On agite convenablement, afin de faire dissoudre complètement le sel de mercure qui a pu rester au fond et on transvase dans le ballon de distillation, en lavant à différentes reprises.

Les ballons de distillation sont d'une contenance de près d'un litre.

On ajoute au liquide de la lessive de soude en quantité telle, qu'elle soit en excès sur l'acide sulfurique. On a ainsi 200 à 250 centimètres cubes de liquide final. Il convient de mettre en outre 3 ou 4 centimètres cubes d'une solution saturée de sulfure de sodium, destinée à éliminer le mercure à l'état de sulfure et à empêcher ainsi la formation de combinaisons difficilement décomposables entre le mercure et l'ammoniaque.

La saturation par la soude met l'ammoniaque en liberté ; il faut se hâter d'adapter le ballon à l'appareil à distiller, afin d'éviter toute perte d'ammoniaque.

Il convient d'ajouter un peu de zinc en grenaille, pour avoir, par le dégagement d'hydrogène, une ébullition plus tranquille et on distille en recueillant l'ammoniaque qui se dégage dans l'acide sulfurique titré. Pour éviter que des projections n'entraînent de la soude dans le liquide distillé, on se sert de l'appareil de M. Schlœsing. On peut avantageusement donner à celui-ci la forme adoptée par M. Aubin.

Lorsque le produit à analyser contient des nitrates, on peut se débarrasser de ceux-ci en chauffant la matière avec du protochlorure de fer additionné d'acide chlorhydrique et en évaporant jusqu'à sec ; cette opération peut se faire dans le ballon même dans lequel se fera l'attaque par l'acide sulfurique.

La quantité de matière sur laquelle on doit opérer est en général de 5 décigrammes ; pour les matières pauvres en azote ou pour celles qui sont peu homogènes, on peut prendre 1 à 2 grammes ; dans ce cas on augmente d'un tiers ou de la moitié la quantité d'acide sulfurique. Lorsqu'on opère sur des liquides, vin, bière, lait, etc., on prend de ceux-ci un volume tel que la quantité des matières fixes soit comprise entre 5 décigrammes et 1 gramme.

Il y a lieu de faire une correction pour les traces d'ammoniaque que pourrait contenir l'acide sulfurique employé ; cette correction est faite, une fois pour toutes, pour le même acide, par un dosage à blanc ; elle est ordinairement très faible. Il est indispensable que l'acide sulfurique soit exempt de composés nitrés ; une ébullition prolongée élimine complètement ces derniers.

6° Dosage de l'ammoniaque dans un sulfate d'ammoniaque au moyen de l'appareil de M. Schlœsing.

Le dosage de l'ammoniaque s'effectue toujours en chassant cette base au moyen d'une base fixe et en distillant ; l'ammoniaque est recueillie dans un acide titré, dont le degré de saturation mesure la proportion de l'alcali volatil.

On pèse 25 grammes de sulfate à essayer, on les dissout dans de l'eau, on amène le volume à 1 litre. On prend 20 centimètres cubes de cette dissolution, correspondant à 5 décigrammes de sulfate, au

moyen d'une pipette jaugée ; on les introduit dans le ballon à col étiré de l'appareil ; on ajoute 150 centimètres cubes d'eau et 2 grammes de chaux éteinte ou une dissolution équivalente de soude ou de potasse. (Le ballon peut être remplacé par une fiole de verre trempé.) Le ballon communique au moyen d'un court tube de caoutchouc avec un serpentin de verre ascendant se reliant à un réfrigérant. Le réfrigérant porte un tube étiré, à boule, dont l'extrémité plonge de 1 ou 2 millimètres au plus dans 10 centimètres cubes d'acide sulfurique titré normal, contenus dans un petit ballon. L'appareil étant ainsi disposé et l'eau circulant dans le réfrigérant, on chauffe le ballon de manière à porter à l'ébullition ; l'ammoniaque se dégage d'abord et se combine à l'acide sulfurique titré ; il peut arriver que, par suite d'une absorption trop rapide de l'ammoniaque, la liqueur acide monte dans le tube ; mais la boule étant suffisante pour la contenir, cela n'a pas d'inconvénient. On continue à chauffer de manière à distiller lentement une certaine quantité d'eau, destinée à chasser les dernières traces d'ammoniaque. Quand la quantité d'eau distillée a atteint 50 centimètres cubes, on détache de l'appareil le tube à boule et ensuite seulement on arrête le feu ; on lave le tube à boule à l'intérieur et au bout extérieur avec de petites quantités d'eau, qu'on fait tomber dans le ballon. Puis on ajoute la teinture de tournesol neutre et, au moyen d'une burette graduée, en agitant constamment, une solution alcaline, jusqu'au moment où la couleur du tournesol indique que la saturation est complète. On lit le volume de liqueur alcaline employé, soit V. D'un autre côté, dans un ballon semblable on a versé 10 centimètres cubes de l'acide titré, le tournesol et 50 centimètres cubes d'eau distillée ; avec la liqueur alcaline, on sature cet acide, on en note également le volume employé, soit V' ; l'acide titré a été préparé de telle sorte que les 10 centimètres cubes employés saturent exactement $0^{gr},2125$ d'ammoniaque ou tout autre quantité voisine, rigoureusement connue. Pour calculer, au moyen de ces éléments, l'ammoniaque contenue dans les 5 décigrammes de sulfate d'ammoniaque sur lesquels on a opéré, on établit la formule suivante :

$$x = \frac{V' - V}{V'} \times 0{,}2125.$$

Pour calculer à l'état d'azote on emploie la formule

$$x = \frac{V' - V}{V'} \times 0{,}175.$$

En admettant que les 10 centimètres cubes d'acide titré correspondent exactement à ces quantités.

Préparation de l'acide sulfurique titré. — Dans une capsule de platine on met de l'acide sulfurique distillé pur ; on le porte à l'ébullition, qu'on maintient pendant au moins une demi-heure, puis on laisse refroidir la capsule sous une cloche rodée, pour éviter l'absorption de toute trace d'humidité. La capsule sera placée sur un trépied en fer afin d'éviter que la plaque de verre sur laquelle se trouve la cloche, soit cassée par la température de la capsule. L'acide étant refroidi, on en verse rapidement dans un ballon bouché à l'émeri, taré sur la balance de précision, environ 50 centimètres cubes ; on bouche immédiatement et on en prend le poids. Celui-ci étant obtenu, on verse l'acide dans un ballon jaugé, en lavant de manière à entraîner tout l'acide qui avait été pesé. Le volume auquel on amènera la liqueur sera tel que $61^{gr},25$ d'acide sulfurique soient amenés exactement à 1 litre ; on étendra donc la solution de manière à obtenir cette concentration. On appelle cette liqueur : *liqueur acide normale.* Le liquide ainsi obtenu est mélangé avec soin et conservé dans un flacon bouché à l'émeri. Comme le verre a souvent une réaction alcaline et qu'une partie de l'acide pourrait être saturée par cette alcalinité du verre, il convient de choisir des flacons dans lesquels a séjourné pendant longtemps de l'acide sulfurique concentré. Pour l'usage il est commode de mettre ce liquide dans un matras, qui porte un bouchon en caoutchouc muni d'une pipette jaugée. Le matras et la pipette ont été au préalable soumis, pendant quelques semaines, à l'action d'acide sulfurique concentré.

En donnant cette formule pour la préparation des acides titrés nous n'entendons pas dire que c'est la seule qu'on puisse employer. Elle nous a semblé convenable pour l'emploi. Mais tout autre acide titré conduit au même résultat, à la condition de renfermer une proportion d'acide rigoureusement connue. Quel que soit d'ailleurs le mode de préparation des acides titrés, il est indispensable d'y do-

ser exactement l'acide, ce qu'on peut faire par divers procédés que nous ne décrirons pas ici.

Préparation de la liqueur acide décime. — 100 centimètres cubes d'acide sulfurique titré normal sont versés dans une carafe jaugée de 1 litre ; on complète le volume à 1 litre avec de l'eau distillée préalablement bouillie.

Préparation de l'eau de chaux. — On met 200 à 300 grammes de chaux éteinte dans un flacon bouché de 5 litres, on remplit avec de l'eau, on agite et, après avoir laissé déposer, on jette l'eau qui a dissous les parties salines que la chaux pouvait contenir. On remet de la nouvelle eau en agitant de temps en temps. Pour employer cette eau de chaux, on la filtre dans un flacon, en évitant autant que possible l'accès de l'air. On bouche au moyen d'un bouchon qui porte deux tubes étirés au bout et recourbés à angle droit ; l'un sert à l'écoulement de l'eau de chaux et l'autre à la rentrée de l'air. Ces deux tubes sont eux-mêmes bouchés au moyen d'un petit tube en caoutchouc muni d'un obturateur en verre.

Préparation de la magnésie. — On triture dans un mortier le carbonate de magnésie en pains du commerce et on en fait une pâte homogène en l'additionnant successivement de petites quantités d'eau ; on introduit cette pâte liquide dans un flacon avec de l'eau distillée, on décante de temps en temps la liqueur qui surnage en la remplaçant par de nouvelle eau distillée et en agitant fréquemment ; cette opération a pour but d'enlever les alcalis qui sont généralement mélangés à ce produit et qui pourraient exercer une action sur les matières organiques azotées. On jette sur un entonnoir bouché par un tampon de coton, on laisse égoutter, on sèche à l'étuve, on introduit dans un creuset en terre et on calcine pendant une heure au rouge peu intense. Le produit obtenu est conservé dans des flacons bien bouchés. Il est prudent d'en calciner la quantité nécessaire au dosage au moment même de l'emploi, afin de chasser les traces d'ammoniaque que la magnésie aurait pu absorber.

Recherche des sulfocyanures dans les sulfates d'ammoniaque. — Il arrive quelquefois que des sulfates d'ammoniaque, surtout ceux qui proviennent de la fabrication du gaz d'éclairage, contiennent du sulfocyanhydrate d'ammoniaque, corps excessivement vénéneux,

pour les plantes aussi bien que pour les animaux. L'emploi de ce produit peut avoir dans les cultures un effet désastreux, il faut donc rejeter complètement les substances qui en renferment. Il suffit de rechercher qualitativement la présence de ce composé ; on regardera comme impropre à l'usage agricole tout sulfate d'ammoniaque dans lequel on constatera sa présence. On dissout une petite quantité de sulfate d'ammoniaque dans l'eau ; on y ajoute quelques gouttes d'une solution étendue de perchlorure de fer, qui donne immédiatement une belle coloration rouge caractéristique des sulfocyanures.

7° Dosage de l'ammoniaque dans un engrais complexe.

Les engrais complexes contiennent généralement, outre l'ammoniaque toute formée, de la matière organique contenant de l'azote ; si l'on se servait, comme pour un sulfate d'ammoniaque, de chaux pour déplacer l'alcali volatil, on risquerait de transformer en ammoniaque une partie de cet azote organique et on aurait ainsi un dosage défectueux.

Pour empêcher cette action de se produire, on remplace la chaux par de la magnésie, qui n'a qu'une action extrêmement faible sur les matières organiques azotées. L'opération se fait de la même manière que pour le sulfate d'ammoniaque, en opérant sur un gramme d'engrais et environ 1 gramme de magnésie calcinée. Si l'engrais est riche en sels ammoniacaux, on prend l'acide sulfurique titré normal, dont on opère la saturation au moyen de la liqueur de potasse.

Si, au contraire, l'engrais est pauvre, on remplace l'acide sulfurique normal par l'acide sulfurique décime ; dans ce dernier cas, le titrage de cet acide se fait au moyen d'eau de chaux : 10 centimètres cubes d'acide décime correspondent à $0^{gr},02125$ d'ammoniaque, soit, à 0,0175 d'azote.

On vient d'exposer la méthode qui consiste à di tiller directement la matière avec de l'eau et de la magnésie. Ce procédé rencontre quelquefois des difficultés assez grandes, surtout lorsqu'on est forcé d'opérer sur de notables quantités de matière, en raison de la faible teneur en ammoniaque ; tel est le cas du fumier de ferme par exemple. En appliquant directement le feu sous le ballon on risque de sur-

chauffer la matière, qui se colle au fond et on peut ainsi produire de l'ammoniaque aux dépens de la matière organique azotée. Cet inconvénient peut être évité d'une manière complète au moyen d'un bain de chlorure de calcium, dans lequel on fait plonger le ballon. Le bain est chauffé de manière à permettre l'ébullition du liquide contenu dans le ballon.

Il est préférable, dans beaucoup de cas, au lieu de distiller la matière elle-même, d'extraire par le lavage l'ammoniaque qui y est contenue et de distiller le liquide ainsi obtenu après l'avoir rendu alcalin au moyen de la magnésie.

Lorsqu'il y a un peu de matière organique dans la substance à analyser, le lavage peut s'opérer à l'eau ; mais dans le cas où l'on est en présence de beaucoup de matières organiques et notamment des matières brunes des fumiers, une partie de l'ammoniaque pourrait être retenue dans des combinaisons insolubles ; il faut, dans ce cas, lorsqu'on veut opérer le lavage, se servir d'eau légèrement acidulée d'acide chlorhydrique, afin de détruire la combinaison de ces matières avec l'ammoniaque, qui entre ainsi en solution. Dans ce dernier cas, avant de procéder à la distillation, il faut saturer l'acide par de la magnésie dont on mettra d'ailleurs un excès.

La précaution de traiter au préalable par un acide est indispensable lorsqu'il existe dans la matière du phosphate ammoniaco-magnésien, qui n'est que difficilement décomposé par la magnésie quand il se trouve à l'état concret. Mais lorsqu'il a été au préalable dissous par un acide, il laisse facilement dégager son ammoniaque sous l'influence de la magnésie.

Quand on a recours à l'acide, on peut opérer sur une quantité notable de matière, soit par exemple 50 grammes ; dans ce cas, on décantera le liquide dans un ballon jaugé de 1 litre et en lavant à plusieurs reprises le résidu, on arrivera au volume de 1 litre. De ce liquide rendu homogène, on prendra une fraction déterminée, soit 20 centimètres cubes correspondant à 1 gramme de matière, soit plus si la quantité d'ammoniaque est faible.

Les liqueurs acides, dans lesquelles on doit rechercher l'ammoniaque, ne doivent jamais avoir pendant longtemps le contact de l'air, qui pourrait augmenter la proportion de cet alcali. Pour la

même raison doit-on éviter la proximité de vapeurs ammoniacales pendant ces manipulations.

Il arrive quelquefois que, dans ces opérations, l'eau qui distille entraîne de l'acide carbonique qui reste dissous dans la liqueur distillée. Le titrage se fait alors d'une manière incertaine et il convient, avant de titrer, de se débarrasser de cet acide carbonique. On y arrive en chauffant à l'ébullition pendant quelques instants la liqueur contenue dans le ballon, en ayant grand soin d'éviter toute projection ; on opère alors le dosage comme précédemment et sans laisser refroidir.

8° Dosage de l'acide nitrique dans les nitrates. (Méthode de M. Schlœsing.)

Ce procédé est basé sur la transformation intégrale de l'acide nitrique en bioxyde d'azote, qu'on recueille à l'état gazeux et dont on prend le volume ; il s'applique non seulement aux nitrates commerciaux, mais encore aux engrais dans lesquels on a introduit des nitrates.

On compare le volume de bioxyde formé à celui que donne une même quantité de nitrate parfaitement pur ; le rapport des deux volumes donne la proportion de nitrate réel contenu dans le produit essayé.

Mais pour que cette comparaison conduise à des résultats exacts, il faut rendre aussi égales que possible toutes les conditions de l'opération et, par suite, les erreurs relatives. On y arrive en s'arrangeant de manière à recueillir des volumes très voisins de bioxyde d'azote dans les deux cas du titrage et de l'essai, ce qu'il est toujours facile d'obtenir. Dans ce but il convient de faire d'abord l'essai avec la matière à analyser ; le volume de bioxyde d'azote étant lu, on emploie une quantité de liqueur titrée de nitrate pur telle qu'elle donne un volume à peu près égal.

Essai d'un nitrate de soude. — On prépare une liqueur titrée contenant par litre 66 grammes de nitrate de soude pur et sec ; on prend également 66 grammes de nitrate à essayer, qu'on dissout et qu'on amène au volume de 1 litre. Cette quantité a paru convenable, parce que dans les conditions de l'expérience, elle permet d'obtenir

un volume de gaz voisin de 100 centimètres cubes. L'appareil dans lequel se produit la réaction est un ballon de 150 centimètres cubes de capacité ; le ballon est muni d'un bouchon en caoutchouc percé de deux trous, qui porte un tube capillaire de 30 centimètres de longueur, plongeant à quelques centimètres du fond du ballon, de manière que le bout du tube soit toujours au-dessus du liquide. L'autre bout du tube est relié par un tube de caoutchouc assez étroit, mais épais, à un petit entonnoir ; il existe un intervalle de 25 millimètres entre le bout du tube et la douille de l'entonnoir ; à l'endroit libre du caoutchouc on place une pince qui, serrant le caoutchouc, ferme d'une manière complète. L'autre trou du bouchon porte un tube à gaz recourbé à angle droit, relié par un caoutchouc à un autre tube recourbé, dont la partie plongeant dans l'eau doit avoir de 20 à 30 centimètres de longueur, afin de condenser la vapeur d'eau : le tube plonge dans une cuve d'une forme spéciale et remplie d'eau. Si l'on fait une série de dosages successifs, il est bon de laisser couler constamment, dans cette cuve, de l'eau qui élimine, à mesure, l'eau devenue chaude et chargée d'acide chlorhydrique et qui maintient le niveau constant. Dans le ballon on verse d'abord 40 centimètres cubes de solution de protochlorure de fer ; on place le bouchon et, par l'entonnoir, on fait couler 40 centimètres cubes d'acide chlorhydrique, en pinçant le caoutchouc au moment où il reste encore un peu d'acide chlorhydrique dans l'entonnoir. Cette opération a pour but d'éviter l'emprisonnement de l'air dans le tube capillaire ou la douille de l'entonnoir ; cet air serait entraîné dans la suite et augmenterait le volume du bioxyde d'azote. L'appareil étant ainsi disposé, on place sous le ballon un bec de gaz muni d'une couronne et on chauffe de manière à produire une ébullition régulière ; l'air se trouve expulsé et sort bulle à bulle par le tube ; lorsque, par une ébullition de 5 à 6 minutes, tout l'air est expulsé, que par suite il ne se dégage plus que de la vapeur d'eau qui se condense au contact de l'eau froide, on place sur cette extrémité recourbée du tube une cloche graduée de 100 centimètres cubes, exactement remplie d'eau ; puis on verse dans l'entonnoir, au moyen d'une pipette jaugée, 5 centimètres cubes de la liqueur du nitrate à essayer et, ouvrant légèrement la pince, on laisse couler ce liquide très lente-

ment dans le ballon, afin de ne pas arrêter l'ébullition, ce qui entraînerait une absorption. On referme la pince avant que le liquide ait atteint la douille de l'entonnoir, puis on lave celui-ci avec 5 centimètres cubes d'acide chlorhydrique qu'on verse, au moyen d'un tube étiré, sur tout le pourtour supérieur de l'entonnoir. Ce liquide est introduit à son tour, avec les mêmes précautions ; on renouvelle ce lavage trois fois, en ayant constamment soin d'empêcher toute rentrée de l'air ; l'ébullition maintenue constamment dans le ballon fait dégager le bioxyde d'azote qui se rend sous la cloche. On la prolonge jusqu'au moment où le volume de gaz n'augmente plus ; alors, sans arrêter l'ébullition, on retire la cloche et on amène, en enfonçant plus ou moins la cloche, le niveau de l'eau dans celle-ci au niveau de l'eau dans la cuve ; il faut avoir soin de tenir la cloche avec une pince et non avec la main, ou mieux encore, au moyen d'une pince fixe, puis on lit le volume occupé par le gaz dans la cloche, soit V, après avoir attendu quelques instants pour laisser le gaz prendre la température ambiante. On remplit de nouveau la cloche avec de l'eau, on la place sur l'extrémité du tube, le vide s'étant maintenu dans le ballon par l'ébullition qu'on a laissée se continuer ; on introduit par l'entonnoir 5 centimètres cubes de la solution titrée de nitrate pur en opérant exactement de la même manière et prenant les mêmes précautions que dans l'opération qui précède. On recueille de nouveau le bioxyde d'azote, on lit son volume comme on vient de l'indiquer, soit V′ le second volume obtenu, le rapport $\frac{V}{V'} \times 100$ donnera la quantité de nitrate réel contenu dans 100 du produit essayé.

On peut faire cinq ou six dosages consécutifs sans renouveler les liquides du ballon et sans interrompre l'ébullition ; dans ces conditions, les dosages se font très rapidement ; mais il faut avoir la précaution de maintenir constamment le liquide du ballon à un volume sensiblement égal au volume primitif, les liquides qu'on introduit devant remplacer à mesure ceux qui disparaissent par l'ébullition. Si la concentration devenait très forte, il faudrait ajouter assez d'acide chlorhydrique pour ramener au volume voulu.

Essai d'un nitrate de potasse. — Pour l'essai d'un nitrate de po-

tasse, on opérera exactement de la même manière ; mais les liqueurs sont préparées en dissolvant 80 grammes de nitrate pur et autant du nitrate à essayer dans le volume de 1 litre. Ce chiffre est calculé également de manière à donner un volume de gaz voisin de 100 centimètres cubes.

Préparation de la solution de protochlorure de fer. — On prend 200 grammes de pointes de fer, on les met dans un ballon avec 100 centimètres cubes d'eau et on y ajoute peu à peu, en chauffant, assez d'acide chlorhydrique pour que le fer soit dissous ; on amène le volume de la liqueur à 1 litre.

9° Dosage du nitrate de soude dans un engrais complexe.

1° *Engrais riche en nitrate.* — On prend 66 grammes d'engrais, on broye dans un mortier de verre et on traite dans le mortier même parde l'eau, le liquide est versé dans un ballon de 1 litre et l'engrais lavé à plusieurs reprises. Tous les liquides décantés sont réunis dans le ballon jaugé ; on complète le volume à 1 litre ; le nitrate est entré en solution et on opère avec cette solution claire, filtrée s'il est nécessaire, comme s'il s'agissait d'un nitrate de soude, mais au lieu d'introduire dans le ballon seulement 5 centimètres cubes de liqueur, on prend plusieurs fois 5 centimètres cubes, suivant la richesse de l'engrais, de manière à avoir un volume de bioxyde d'azote qui ne soit pas trop inférieur à 100 centimètres cubes ; soit n le nombre de pipettes de 5 centimètres cubes employées ; soit V′ le volume de gaz obtenu avec 5 centimètres cubes de solution titrée de nitrate de soude pur, V le volume de gaz obtenu avec la matière, on aura pour la quantité de nitrate contenu dans 100 d'engrais $\frac{V}{nV'} \times 100$.

2° *Engrais pauvre en nitrate.* — On prend 66 grammes d'engrais ; on les broye dans un mortier, on les délaye dans l'eau, on laisse reposer pendant quelques moments, on décante dans un ballon jaugé de 1 litre la liqueur surnageante, on lave plusieurs fois le résidu resté dans le mortier ; on transvase constamment la liqueur surnageante dans le ballon jaugé, jusqu'à ce qu'on ait complété le volume de 1 litre.

On mélange cette liqueur et on y ajoute par petites portions de la chaux éteinte, jusqu'au moment où la liqueur bleuit le papier rouge du tournesol ; on prélève 500 centimètres cubes, on les évapore dans une capsule de porcelaine et on les amène exactement au volume de 50 centimètres cubes. On opère alors avec cette liqueur comme on a fait pour l'engrais riche en nitrate ; le calcul se fait de la même manière, mais il faut diviser par 10 le résultat obtenu.

L'addition de chaux a pour objet d'empêcher l'acide nitrique d'être déplacé par les acides sulfurique ou phosphorique libres, dans le cas où l'on opérerait en présence d'un superphosphate.

Lorsque l'engrais est excessivement pauvre en nitrate, c'est-à-dire lorsqu'il en contient à peine 1 p. 100, on peut, au lieu de continuer à ajouter de la solution dans le ballon jusqu'au moment où on a obtenu un volume de bioxyde d'azote voisin de 100 centimètres cubes, s'arrêter à un volume inférieur. Le calcul se fait du reste de la même manière.

Pour calculer en acide nitrique, on multiplie par 0,6207 le nitrate de soude trouvé. Pour calculer en azote nitrique on multiplie le nitrate de soude par 0,1647.

Remarque. — Il arrive quelquefois que les engrais contiennent des carbonates solubles; dans ce cas l'acide carbonique, se dégageant en même temps que le bioxyde d'azote, pourrait augmenter le volume de ce gaz et, par suite, conduire à un résultat trop fort. On peut s'assurer de la présence de ces carbonates solubles en délayant, dans 20 ou 30 centimètres cubes d'eau, une dizaine de grammes d'engrais, on jette sur un filtre et, dans quelques centimètres cubes de la liqueur filtrée, on verse un peu d'acide chlorhydrique : s'il y a dégagement de bulles gazeuses on conclut à la présence des carbonates solubles. Dans ce cas, au lieu de faire la trituration dans le mortier avec de l'eau pure, on emploie de l'eau contenant 3 à 4 p. 100 d'acide chlorhydrique. Lorsque toute effervescence a cessé et que la liqueur reste acide, on continue les lavages avec de l'eau pure jusqu'au volume de 1 litre, en suivant la marche indiquée ; mais lorsqu'on est forcé de soumettre le liquide à l'évaporation, on ne peut pas opérer avec un liquide acide de peur de perdre l'acide nitrique ; alors, ayant amené le liquide neutre ou alcalin à un volume très ré-

duit, on décompose les carbonates par une addition d'acide acétique ; ce n'est qu'après cette addition qu'on amène au volume de 50 centimètres cubes et qu'on continue le dosage comme plus haut. L'acide carbonique ayant été éliminé ne peut plus fausser les résultats.

Quelques matières fertilisantes, telles que les guanos, peuvent contenir de l'acide oxalique. La décomposition partielle de cet acide peut produire des gaz, acide carbonique et oxyde de carbone, qui viennent s'ajouter au bioxyde d'azote et faussent ainsi le dosage. Il est facile de se mettre à l'abri de cette cause d'erreur en ajoutant à la matière, avant la dissolution, un peu de chaux qui maintient l'acide oxalique insoluble à l'état d'oxalate de chaux. Les liqueurs claires, dans lesquelles on dose les nitrates, sont ainsi complètement débarrassées d'acide oxalique.

VI. — Dosage de l'acide phosphorique sous ses divers états.

1° Remarques générales sur l'acide phosphorique.

On trouve dans le commerce les phosphates à des états différents :

1° Phosphates minéraux, constitués par du phosphate de chaux tribasique, plus ou moins mélangé de carbonate de chaux, de matières siliceuses, etc., et amené à des degrés divers de finesse par des moyens mécaniques ;

2° Phosphates d'os verts broyés ; phosphates d'os dégélatinés ; noir animal, noir de raffinerie, de sucrerie, etc. ;

3° Phosphates dans les produits tels que : fumier, poudrette, guano, etc. ;

4° Phosphates traités par les procédés chimiques : superphosphates d'os ou minéraux, phosphates précipités, phosphate ammoniaco-magnésien ;

5° Phosphates provenant des traitements métallurgiques tels que ceux des scories.

Tous les phosphates peuvent être employés en agriculture pour apporter aux plantes l'acide phosphorique, et tous sont susceptibles d'être assimilés, dans une certaine mesure, par l'organisme végétal. Mais la faculté d'être utilisés par les plantes varie beaucoup, suivant

la forme sous laquelle se présente l'acide phosphorique : dès lors il était rationnel que des distinctions d'origine et des différences de valeur fussent introduites dans le commerce de matières aussi variées ; mais pour régler équitablement les prix, il eût fallu posséder des notions vraies, acquises par la comparaison expérimentale des effets que produisent les divers phosphates dans les conditions diverses de la culture ; en l'absence de semblables notions, on a imaginé des conventions arbitraires, ne reposant point sur l'expérience, d'où sont résultées des différences considérables entre les prix de l'unité d'acide phosphorique dans les matières phosphatées, notamment entre les prix de cette unité dans les produits d'industrie, superphosphates, phosphates précipités, phosphates enrichis, et les prix de la même unité dans les engrais phosphatés n'ayant pas subi de traitement : phosphates naturels, os, poudrette, etc.

Il convient d'entrer sur ce point dans quelques développements, avant de décrire les méthodes d'analyse applicables aux diverses matières phosphatées.

Lorsque Liebig conseilla, vers 1843, de solubiliser l'acide phosphorique des os, au moyen d'un traitement par un acide, tous les physiologistes et agronomes étaient persuadés que la solubilité dans l'eau d'un aliment minéral des plantes est la condition première de son absorption. Des essais institués alors en Angleterre, pour comparer les effets des os broyés et du superphosphate d'os, donnèrent un avantage marqué à ce dernier, et déterminèrent la création d'une fabrication qui prit rapidement de grands développements, surtout quand elle admit comme matière première les phosphates minéraux.

Naturellement, l'acide phosphorique acquit dans les superphosphates une valeur beaucoup plus grande que celle qu'il avait avant traitement dans le phosphate minéral ou phosphorite. La nouvelle industrie se propagea en France, en Allemagne. Mais une difficulté imprévue ne tarda pas à se produire : la rétrogradation ; l'acide phosphorique perdait graduellement sa solubilité première dans les superphosphates provenant de certaines phosphorites.

Quelle valeur fallait-il donner à cet acide rétrogradé que l'eau ne dissolvait plus, et dont pourtant le mode de combinaison primitif

avait été certainement détruit par l'acide sulfurique ? En Angleterre, les agriculteurs, fidèles à leur opinion sur la solubilité nécessaire des aliments des plantes, ne voulurent payer que l'acide soluble à l'eau : c'est pourquoi les fabricants s'étudièrent à éviter la rétrogradation, soit en employant un excès d'acide sulfurique, soit en choisissant de préférence certaines phosphorites. Les usages anglais passèrent en Allemagne. Il en fut autrement en France. Les chimistes avaient introduit dans l'analyse des phosphates un réactif précieux, le citrate d'ammoniaque, ayant la propriété de dissoudre l'oxyde de fer, l'alumine, les phosphates de ces deux oxydes, quand ces matières n'offrent qu'une très faible cohésion : il peut même laisser précipiter à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien la totalité de l'acide phosphorique, tout en gardant intégralement les oxydes ; il réalise ainsi, d'une manière simple, une séparation autrefois très laborieuse. A cette propriété précieuse, on crut en France pouvoir en ajouter une autre qui serait plus précieuse encore si elle pouvait être admise comme réelle : on fit du citrate le moyen de mesurer l'efficacité comme engrais et, par suite, la valeur vénale de l'acide phosphorique contenu dans les diverses matières phosphatées.

Pour en venir là, on supposait que la faculté d'être assimilés est, chez les phosphates, non plus en relation directe avec la solubilité dans l'eau, comme en Angleterre, mais bien en relation inverse avec la cohésion, le phosphate de moindre cohésion devenant le plus assimilable. La solubilité dans le citrate était assurément le signe d'une très faible cohésion : ce réactif partagea tous les phosphates en deux catégories, les phosphates solubles au citrate, les insolubles.

Puis, l'usage fut introduit d'appeler du nom d'assimilables les phosphates solubles dans ce réactif; l'acide des superphosphates, des phosphates précipités, des phosphates enrichis, c'est-à-dire l'acide des produits livrés par l'industrie chimique, se trouva soluble dans le citrate et réputé dès lors assimilable. Implicitement, le public devait croire et crut en effet que l'acide des phosphates insolubles au citrate était non assimilable, ou tout au moins peu assimilable, et il accorda à l'acide soluble au citrate une valeur double et parfois triple de la valeur de l'acide des phosphates insolubles.

De tels errements ne sont plus permis aujourd'hui : il est certain

que l'assimilabilité d'un phosphate ne dépend pas de sa solubilité dans le citrate : qu'une racine rencontre, vers son extrémité, un fragment d'os, de nodule des Ardennes, de phosphorite du Lot, elle dissoudra et absorbera du phosphate en vertu de ses sucs propres, et malgré la cohésion qui rend ce fragment insoluble dans le citrate. Cela ne veut pas dire que la cohésion ne joue aucun rôle : un fragment d'apatite ou de quelque autre combinaison douée d'une grande dureté, se laisse probablement moins attaquer qu'un autre fragment de phosphate plus tendre ; il n'en demeure pas moins acquis que le plus grand nombre des phosphorites peut servir d'aliment direct pour les plantes, sans passer par la désagrégation sulfurique ; il est tout aussi certain que les phosphates d'os, les phosphates de fumier, des poudrettes, des guanos, insolubles dans le citrate, sont néanmoins parfaitement assimilables et assimilés par la végétation.

Des expériences de comparaison instituées dans ces dernières années en France, en Belgique, en Allemagne, en Angleterre, ont montré que l'acide phosphorique soluble à l'eau, l'acide des superphosphates rétrogradés, l'acide des phosphates précipités produisent des effets de même ordre, et que l'acide des phosphorites produit, dans beaucoup de cas, des récoltes sensiblement égales à celles que donnent les phosphates ayant subi un traitement chimique. Même, dans les terrains chargés de matière organique et pauvres en chaux, l'avantage demeure aux phosphates d'os, au noir, aux phosphorites.

C'est qu'en effet, il paraît très probable aujourd'hui que la diffusion de l'engrais au sein du sol, joue le rôle essentiel dans son utilisation : cette diffusion est produite, dans les superphosphates, par la solubilité de l'acide libre ou combiné, qui se diffuse autour de chaque parcelle d'engrais, dans un certain rayon, limité par l'insolubilisation de l'acide phosphorique au contact de l'oxyde de fer, de l'alumine, du calcaire du sol, dans les phosphates minéraux, elle est déterminée surtout par l'extrême pulvérisation, l'épandage soigné et les labours : mais que la diffusion soit chimique, comme dans le premier cas, ou mécanique, comme dans le second, on peut regarder son degré de perfection comme déterminant le degré d'utilisation.

Pour que les phosphates naturels donnent des résultats se rappro-

chant de ceux des phosphates traités par des moyens chimiques, il est donc nécessaire qu'ils soient amenés à un degré de division mécanique très grand, se rapprochant, autant que possible, du degré de finesse que donne une désagrégation par l'acide sulfurique.

La chimie ne possède d'ailleurs aucun moyen de mesurer, par l'analyse, le degré d'assimilabilité, degré variable qui dépend beaucoup des conditions d'emploi. Il n'est pas nécessaire qu'elle fournisse une semblable mesure ; sa tâche est de doser exactement l'acide phosphorique sous ses divers états.

Que les agriculteurs abandonnent les préjugés sur la valeur relative des divers phosphates, préjugés qui leur causent de graves préjudices, et instituent à leur tour des essais comparatifs. C'est à eux qu'il appartient de déterminer la valeur agricole comparative des engrais, par leur expérience propre et en raison des résultats obtenus, et, par suite, de régler les rapports entre les prix de l'acide phosphorique des divers engrais, d'après les effets qu'ils auront observés.

En définitive, le citrate d'ammoniaque ne peut pas être considéré comme le critérium de l'assimilabilité d'un phosphate ; il est essentiel que les marchands d'engrais et les agriculteurs soient bien éclairés sur ce point. Il est également essentiel que les tribunaux appelés à juger leurs contestations, sachent bien qu'un phosphate peut être dit assimilable, alors même qu'il n'est pas soluble au citrate.

On ne doit donc pas réserver la dénomination d'assimilables aux seuls phosphates ayant subi des traitements chimiques et solubles dans le citrate, parce que cette dénomination laisse supposer implicitement que l'acide phosphorique des autres engrais phosphatés n'est pas assimilable, et qu'ainsi elle établit en faveur des premiers une supériorité et une plus-value qui ne sont pas justifiées dans beaucoup de cas ; la dénomination d'assimilables peut être, à bon droit, appliquée à des phosphates qui résistent à l'action du citrate d'ammoniaque.

2° Dosage de l'acide phosphorique dans un phosphate de chaux naturel.

Les phosphates de chaux naturels, dont l'emploi est si fréquent en agriculture, présentent les compositions les plus variées ; leur

richesse est quelquefois bien inférieure à celle qui leur est attribuée; ils sont fréquemment fraudés avec des matières inertes. Le plus souvent, on les trouve sous la forme pulvérulente. L'acide phosphorique est le seul élément qu'il y ait en général intérêt à y chercher.

Méthode dite commerciale. — On a souvent employé et on emploie encore quelquefois une méthode appelée *commerciale,* qui consiste à dissoudre le phosphate dans l'acide chlorhydrique bouillant, à filtrer et à ajouter de l'ammoniaque dans la liqueur filtrée. On obtient un précipité qui renferme le phosphate de chaux, mais qui contient en même temps tout l'oxyde de fer et toute l'alumine que l'acide chlorhydrique avait dissous. Le dosage se trouve ainsi être inexact, et, dans beaucoup de cas, cette inexactitude atteint des proportions énormes. Il peut même arriver que des matières ne contenant aucune trace de phosphate accusent, par ce procédé, des quantités de phosphate considérables. Aussi cette méthode a-t-elle été l'occasion et la base de fraudes innombrables.

Ce procédé doit être rejeté *d'une manière absolue ;* son usage doit être *interdit* et aucune transaction ne doit se faire sous la garantie de l'analyse dite *commerciale.*

Les chimistes, qui consentent à employer ce procédé, se font les complices d'une des fraudes les plus considérables dont l'agriculture puisse être l'objet.

3° Méthode par le phosphate ammoniaco-magnésien.

On prend 1 gramme de phosphate finement pulvérisé, on l'introduit dans un ballon à fond plat de 200 centimètres cubes de capacité, avec 10 centimètres cubes d'acide chlorhydrique, et 20 centimètres cubes d'eau ; on fait bouillir au bain de sable pendant un quart d'heure, on transvase dans une capsule à fond plat, en lavant plusieurs fois le ballon, sans se préoccuper des matières terreuses qui peuvent y rester, puis on évapore à sec au bain de sable, afin de rendre insoluble la silice qui s'était dissoute ; on reprend par 5 centimètres cubes d'acide chlorhydrique et 20 centimètres cubes d'eau ; on chauffe de nouveau quelques minutes, on verse sur un petit filtre sans plis et on lave cinq ou six fois, chaque fois avec 5 centimètres

cubes d'eau chaude ; le volume de la liqueur recueillie ne doit pas dépasser 100 centimètres cubes.

Lorsque la matière est peu homogène, il est bon d'opérer sur une plus grande quantité de matière, soit, par exemple, 20 grammes, qu'on attaque d'ailleurs de la même manière, mais par une quantité d'acide chlorhydrique beaucoup plus grande. On amène le volume à 1 litre et on prend 50 centimètres cubes de cette solution, qui représente 1 gramme de phosphate. On évapore à sec pour séparer la silice et on continue le traitement comme il vient d'être dit.

Dans l'un ou l'autre cas, on ajoute à cette liqueur de l'ammoniaque par petites quantités, jusqu'au moment où il se produit un trouble, et alors, peu à peu, une solution d'acide citrique à 25 p. 100 en agitant constamment jusqu'au moment où le précipité s'est redissous. On ajoute de nouveau de l'ammoniaque par petites portions ; si la liqueur rendue ainsi ammoniacale ne se trouble plus par ces additions, il y a, dans la liqueur, assez de citrate d'ammoniaque pour maintenir en solution le fer et l'alumine ; si, au contraire, l'addition d'ammoniaque a de nouveau produit un trouble, il faut encore une fois rajouter de l'acide citrique et ainsi, alternativement, de l'ammoniaque et de l'acide citrique, par petites portions, jusqu'au moment où la liqueur, tout en étant ammoniacale, est restée claire.

L'acide citrique a pour but de maintenir en solution la chaux, l'alumine et l'oxyde de fer, en formant des sels doubles avec l'ammoniaque. Il arrive toutefois, lorsqu'il y a de la magnésie dans la matière analysée, qu'on n'a pas un liquide absolument clair, par suite de la formation de phosphate ammoniaco-magnésien ; mais on reconnaît facilement ce précipité qui est cristallin, et il n'y a pas lieu de s'en préoccuper. On ajoute 35 centimètres cubes d'ammoniaque et 15 centimètres cubes d'une solution contenant 10 p. 100 de chlorure de magnésium ; on agite, sans frotter les parois du vase avec la baguette, afin d'éviter la formation d'un dépôt adhérent sur le verre ; on couvre avec une plaque de verre, ou bien on place sous une cloche et on laisse reposer pendant 12 heures au moins. Il arrive souvent, lorsque le phosphate sur lequel on opère contient beaucoup de chaux, qu'il se précipite, en même temps que le phosphate ammoniaco-magnésien, une matière gélatineuse constituée

par du citrate de chaux. Dans ce cas, non seulement le dosage du phosphate est trop élevé, mais encore la filtration devient extrêmement lente. On peut éviter la formation de ce précipité en opérant sur des liqueurs plus étendues et en rajoutant de plus grandes quantités d'acide citrique.

C'est surtout dans le cas où il y a relativement peu d'acide phosphorique que cet effet se produit, on fait mieux alors d'employer la méthode au molybdate d'ammoniaque.

Au bout de douze heures, l'acide phosphorique est entièrement précipité à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien. On recueille le précipité sur un petit filtre plat, on détache avec une barbe de plume la matière adhérente et on fait tomber sur le filtre au moyen d'eau contenant un tiers de son volume d'ammoniaque, mélange qui sert également pour achever le lavage, qu'il ne faut pas prolonger outre mesure ; 30 à 40 centimètres cubes d'eau ammoniacale, employés par petites portions, suffisent amplement à ces lavages. Si on employait de l'eau pure, on dissoudrait une partie de phosphate ammoniaco-magnésien ; celui-ci est presque totalement insoluble dans l'eau ammoniacale. On fait sécher le filtre à l'étuve, on détache la matière, on brûle le filtre au rouge dans un creuset de platine, on rajoute la matière et on maintient le rouge pendant quelques minutes ; le phosphate ammoniaco-magnésien se transforme en pyrophosphate de magnésie. Souvent le produit calciné est noir ; il suffit, pour lui enlever cette couleur, due à la présence d'un peu de charbon, de l'arroser avec deux ou trois gouttes d'acide azotique et de le calciner de nouveau.

Le poids obtenu étant multiplié par 0,639 donne l'acide phosphorique contenu dans la matière analysée. Pour calculer cet acide phosphorique en phosphate tribasique de chaux, on le multiplie par 2,18.

Il importe de faire remarquer ici que le phosphate ammoniaco-magnésien contient quelquefois de petites quantités de magnésie ou de chaux et que, par suite, en opérant comme nous venons de le dire, on peut doser l'acide phosphorique trop haut. On est averti de la présence de ces impuretés par l'aspect du précipité, qui n'est plus entièrement cristallin et qui devient partiellement floconneux.

Dans ce cas, il est indispensable de redissoudre le phosphate ammoniaco-magnésien dans le verre même dans lequel il s'est précipité, après qu'on a séparé par filtration à peu près toutes les eaux mères. On commence à verser sur le filtre égoutté 10 centimètres cubes d'eau contenant 5 p. 100 d'acide azotique et on continue avec cette même liqueur le lavage du filtre, en recueillant le liquide filtré dans le vase dans lequel est restée la plus grande partie du phosphate ammoniaco-magnésien ; le volume total ne doit pas dépasser 30 à 40 centimètres cubes. La dissolution étant obtenue, on ajoute 4 ou 5 gouttes de citrate d'ammoniaque et autant de réactif magnésien et on sursature par l'ammoniaque dont on met un grand excès (10 à 15 centimètres cubes) ; on laisse déposer pendant quelques heures et on recueille ensuite le phosphate ammoniaco-magnésien, débarrassé des impuretés qu'il avait retenues primitivement.

Quand les phosphates contiennent de la matière organique, il faut les calciner au préalable, c'est le cas des os et des noirs d'os.

4° Modifications au procédé précédent. (Méthode de M. Aubin.)

Dans la détermination de l'acide phosphorique contenu dans les phosphates naturels et minéraux, on s'expose, en suivant la méthode indiquée par Brassier, à des erreurs en plus, provenant des substances entraînées avec le précipité de phosphate ammoniaco-magnésien. Les substances qui viennent s'ajouter au dosage, sont : la silice, la chaux, la magnésie et, quelquefois, le fluorure de magnésium dans le cas des phosphates renfermant du spath-fluor. Plusieurs chimistes ont tourné la difficulté, ou bien en titrant l'acide phosphorique par l'urane, ou bien en dissolvant le phosphate ammoniaco-magnésien et le reprécipitant par l'ammoniaque ; enfin, on a proposé de se débarrasser de la majeure partie de la chaux, soit au moyen du nitrate de fer, soit au moyen de l'acide sulfurique et de l'alcool. Ces divers procédés ont leurs inconvénients dans la pratique ; les uns sont relativement longs et les autres n'offrent pas toujours la précision désirable. Au contraire, les causes d'erreurs disparaissent si l'on ajoute à la liqueur résultant de l'attaque du phosphate, dont

l'acide chlorhydrique a été au préalable saturé par l'ammoniaque, un excès d'acide acétique, et si l'on précipite la chaux au moyen de l'oxalate d'ammoniaque ; l'acide phosphorique, les sesquioxyde de fer et l'alumine restent en dissolution, tandis que la chaux se précipite en entraînant avec elle de la silice et du fluor.

Pour l'analyse des phosphates, voici la marche suivie par M. Aubin : dans un ballon de 200 grammes environ, on attaque 1 gramme du produit pulvérulent par 10 centimètres cubes d'acide chlorhydrique, maintenus à l'ébullition pendant 10 minutes ; ensuite, on ajoute 50 centimètres cubes d'eau et 20 centimètres cubes de citrate d'ammoniaque alcalin, préparés d'après la formule de M. Joulie, puis 10 centimètres cubes d'acide acétique à 8° B., en s'assurant que la liqueur est franchement acide. On porte la liqueur à l'ébullition, on y projette environ $1^{gr},5$ d'oxalate d'ammoniaque, quantité suffisante dans la plupart des cas ; lorsque la proportion de chaux est très élevée, on s'assure par quelques gouttes de solution d'oxalate d'ammoniaque qu'elle est entièrement précipitée. S'il n'en était pas ainsi, on ajouterait encore quelques décigrammes d'oxalate en cristaux. On cesse de chauffer au bout de quelques minutes. La liqueur s'éclaircit rapidement, elle est décantée sur un filtre et le résidu insoluble est lavé à plusieurs reprises à l'eau bouillante jusqu'à ce qu'on ait obtenu le volume de 200 centimètres cubes. Après les premiers lavages à l'eau, on ajoute sur l'oxalate de chaux un ou deux centimètres cubes de citrate d'ammoniaque destiné à en extraire les petites quantités d'acide phosphorique entraîné et on achève le lavage comme il vient d'être dit. Après refroidissement, on ajoute 10 centimètres cubes d'une solution magnésienne contenant $1^{gr},5$ de chlorure de magnésium cristallisé [1], puis 50 centimètres cubes d'ammoniaque.

Pour que la précipitation de l'acide phosphorique soit complète, il faut qu'il y ait un excès de magnésie dans la liqueur. Dans les conditions dans lesquelles s'effectue le dosage que nous recomman-

1. Le réactif magnésien se prépare en dissolvant 150 grammes de chlorure de magnésium cristallisé et 150 grammes de chlorhydrate d'ammoniaque dans une quantité suffisante d'eau pour faire le volume de 1 litre ; 5 centimètres cubes de cette liqueur précipitent 50 centigr. d'acide phosphorique.

dons ici, il est nécessaire que cette magnésie en excès sur l'acide phosphorique soit de 250 à 350 milligrammes. Un excès moindre pourrait faire perdre un peu d'acide phosphorique : un excès trop grand pourrait au contraire donner une surcharge attribuable à du phosphate tribasique de magnésie entraîné. On mettra donc les quantités de liqueur magnésienne variables avec la proportion présumée d'acide phosphorique, de manière à avoir toujours l'excès voulu. Dans ces conditions aucun entraînement de magnésie n'est à craindre.

Il est utile de ne mettre l'ammoniaque qu'après avoir ajouté la liqueur magnésienne ; on risque moins d'entraîner du phosphate de fer dans le précipité formé.

Le phosphate ammoniaco-magnésien est recueilli sur un filtre au bout de douze heures ; lavé à l'eau ammoniacale au tiers. On sèche, on incinère et on pèse, après avoir, comme il est dit plus haut, traité par deux ou trois gouttes d'acide azotique. Le poids obtenu, multiplié par 63,963, donne le taux pour 100 de l'acide phosphorique contenu dans la substance analysée. En opérant comme il vient d'être dit, on peut se dispenser d'éliminer au préalable la silice ; on est à l'abri de l'intervention de la chaux et on n'a pas à craindre d'avoir du fluor dans le précipité. En outre, le grand volume de liquide s'oppose à l'entraînement de la magnésie. Ce grand volume n'est pas, comme on pourrait le craindre, une cause de perte d'acide phosphorique ; le liquide n'en contient aucune quantité appréciable, l'excès de magnésie rendant le phosphate ammoniaco-magnésien insoluble.

Cependant il peut arriver que le pyrophosphate de magnésie obtenu ne soit pas absolument pur ; il peut contenir de la silice, alors même qu'on a évaporé à sec au préalable ; il peut aussi renfermer du phosphate de fer. Il est facile de s'assurer de la présence de ces substances et de faire, s'il y a lieu, la correction. Dans aucun cas, leur recherche qualitative, qui ne prend que quelques instants, ne doit être négligée.

Après la pesée, on dissout, dans le vase même qui a servi à la pesée, par de l'acide azotique ; s'il reste un résidu appréciable de silice, on le pèse et on le défalque du poids de pyrophosphate. Après élimination de la silice, on étend à 100 centimètres cubes environ,

on neutralise par l'ammoniaque jusqu'à bleuissement du papier de tournesol ; puis on redissout le précipité de phosphate ammoniaco-magnésien formé, par l'acide acétique mis en léger excès. La liqueur doit demeurer claire et ne pas se troubler au bout de quelques heures ; l'absence de phosphate de fer est ainsi constatée. S'il s'en trouve, on peut le recueillir, le peser et diminuer le poids de l'acide phosphorique, calculé d'après le poids du pyrophosphate corrigé de la silice, de 1/4 de milligramme par chaque milligramme de phosphate de fer obtenu.

Dans la plupart des cas ces corrections sont inutiles ; si elles devenaient trop fortes, il serait prudent de recommencer le dosage.

Cette manière d'opérer donne une grande sécurité. Il est commode pour l'emploi de ce procédé, d'avoir des vases à précipiter portant deux traits de jauge, l'un à 200 centimètres cubes, l'autre à 250 centimètres cubes.

5° Dosage de l'acide phosphorique dans les guanos, poudrettes, etc.

Les guanos et les engrais similaires doivent en général leur valeur à l'azote, mais il y en a dans lesquels celle de l'acide phosphorique prédomine.

Pour doser l'acide phosphorique, on opère sur 2 grammes de matière, on les mélange, dans une capsule de porcelaine à fond rond, avec un décigramme de chaux éteinte pour empêcher la réduction éventuelle de phosphate acide par la matière organique, réduction qui entraînerait des pertes de phosphore. Le tout étant imbibé d'une dizaine de gouttes d'eau, on sèche au bain de sable et on chauffe la matière au rouge, sur un bec de gaz ou au moufle. On détache la matière et on la fait tomber dans un ballon à fond plat, de 200 centimètres cubes, on verse dans la capsule, en deux fois, 15 centimètres cubes d'acide chlorhydrique, puis on la lave avec 10 centimètres cubes d'eau qu'on rajoute dans le ballon ; on fait bouillir au bain de sable pendant un quart d'heure. On verse dans une capsule à fond plat, en lavant le ballon 4 ou 5 fois avec de petites quantités d'eau ; on évapore à sec pour rendre la silice insoluble, on reprend par 10

centimètres cubes d'acide chlorhydrique et 10 centimètres cubes d'eau, on fait chauffer au bain de sable pendant quelques minutes, on filtre, on lave la capsule et le filtre avec de très petites quantités d'eau chaude, jusqu'à ce que la réaction de la liqueur ne soit plus acide, mais de manière à ne pas dépasser le volume de 60 à 80 centimètres cubes pour la totalité de la liqueur ; on traite alors par l'ammoniaque, l'acide citrique et le chlorure de magnésium comme il a été dit à propos de l'analyse des phosphates.

Ce procédé ne permettrait pas de reconnaître, dans ces produits, l'addition frauduleuse de phosphate qui aurait pu être faite dans le but de vendre au prix du phosphate de guano et de la poudrette le phosphate naturel d'une valeur moindre.

6° Dosage de l'acide phosphorique dans un phosphate précipité.

Lorsque l'acide phosphorique a été en solution et qu'il a été précipité par un lait de chaux, il forme un phosphate de chaux bibasique extrêmement divisé et qu'on regarde comme facilement assimilable par les végétaux. Le phosphate ainsi obtenu a la propriété d'être décomposé à l'ébullition par l'oxalate d'ammoniaque et on a proposé d'employer cette propriété pour le séparer des phosphates naturels. Mais cette séparation n'est pas très parfaite, puisque ces derniers peuvent être également attaqués dans une assez forte proportion par le même réactif ; nous conseillons d'employer pour ces phosphates précipités les mêmes procédés que pour les phosphates rétrogradés, c'est-à-dire de les mettre en contact avec le citrate d'ammoniaque qui en opère la dissolution. Mais le citrate ne dissout pas toujours tout le phosphate précipité, surtout lorsque celui-ci a été desséché à une température trop élevée ; il faut donc en outre doser l'acide phosphorique total.

7° Dosage de l'acide phosphorique dans un engrais ou dans un phosphate par le molybdate d'ammoniaque.

La précipitation par le molybdate d'ammoniaque peut être utilisée pour le dosage des engrais phosphatés en général, elle permet d'éli-

miner toutes les substances qui entravent le dosage dans le procédé ordinaire.

5 grammes d'engrais phosphaté à analyser sont calcinés jusqu'à destruction de la matière organique, attaqués dans un ballon, par 20 centimètres cubes d'eau et 20 centimètres cubes d'acide azotique ; on fait bouillir pendant un quart d'heure ; puis, après refroidissement, on amène le volume total à 100 centimètres cubes. Lorsqu'on a affaire à un phosphate riche, on prend 10 centimètres cubes de cette solution correspondant à 5 décigrammes ; pour les engrais moyennement riches en acide phosphorique (10 à 25 p. 100) on prend 20 centimètres cubes de liqueur, correspondant à un gramme ; enfin, pour les engrais ayant moins de 10 p. 100 d'acide phosphorique, on prend 40 centimètres cubes représentant 2 grammes.

Quoi qu'il en soit, le volume est amené à 50 centimètres cubes, après qu'on a ajouté 10 centimètres cubes d'acide azotique et 6 à 7 grammes de cristaux d'azotate d'ammoniaque. Le liquide est placé dans un vase de Bohême d'au moins 300 centimètres cubes de capacité ; on y ajoute 50 centimètres cubes de liqueur molybdique, par chaque décigramme d'acide phosphorique supposé contenu dans la liqueur et on porte le mélange à 90°, au bain-marie, pendant une heure ; au bout de ce temps on voit, sur une petite quantité de liqueur claire, si une nouvelle addition de molybdate ne détermine pas de précipité. Dans le cas affirmatif, il faudrait ajouter encore 50 centimètres cubes de liqueur molybdique et chauffer de nouveau pendant une heure au bain-marie à 90°. On filtre et on lave au moyen d'une solution contenant 3 p. 100 de nitrate d'ammoniaque et 1 p. 100 d'acide azotique ; puis on dissout dans quelques centimètres cubes d'ammoniaque et on lave le filtre avec de l'eau contenant 30 p. 100 d'ammoniaque, dont on ajoute une quantité totale d'environ 50 centimètres cubes. Dans cette liqueur on verse, peu à peu et en agitant constamment, 10 centimètres cubes du mélange magnésien ci-dessous, par décigramme d'acide phosphorique supposé dans la liqueur. Au bout de quelques heures, on recueille sur un filtre le phosphate ammoniaco-magnésien formé et on le lave avec de l'eau contenant 30 p. 100 d'ammoniaque. On calcine le précipité et on pèse à l'état de pyrophosphate.

Lorsqu'on se trouve en présence de très petites quantités d'acide phosphorique, on évapore à sec après l'attaque par l'acide, afin de séparer la silice. Dans ce cas on pèse directement le phospho-molybdate qu'on a recueilli sur un double filtre, dont l'un sert de tare à l'autre. Le précipité lavé à l'eau acidulée par l'acide azotique et finalement avec quelques gouttes d'eau pure est séché à une température ne dépassant pas 90°: son poids multiplié par 0,0438 donne le poids d'acide phosphorique. Cette dernière manière de procéder n'est pas susceptible d'une grande exactitude et ne peut s'employer que quand on est en présence de quantités trop faibles d'acide phosphorique pour que la précipitation à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien lui soit applicable.

Préparation du molybdate d'ammoniaque. — 100 grammes d'acide molybdique sont dissous dans 400 grammes d'ammoniaque d'une densité de 0,95 ; on filtre et on reçoit le liquide, goutte à goutte, dans $1^k,5$ d'acide azotique de 1,20 de densité, en agitant constamment. Ce mélange est abandonné pendant quelques jours dans un endroit chaud : il forme un dépôt. Pour l'emploi, on décante la partie claire.

Préparation de la liqueur magnésienne. — On fait dissoudre 50 grammes de carbonate de magnésie pur et 100 grammes de chlorhydrate d'ammoniaque dans 120 centimètres cubes d'acide chlorhydrique additionné de 500 centimètres cubes d'eau ; après dissolution on ajoute 100 centimètres cubes d'ammoniaque à 22 degrés et on complète, avec de l'eau, le volume de 1 litre.

8° Dosage de l'acide phosphorique solubilisé dans les superphosphates et dans les engrais chimiques.

Dans les superphosphates, substances pulvérulentes résultant du traitement des phosphates naturels par l'acide sulfurique, il y a à doser non seulement l'acide phosphorique total, mais encore l'acide phosphorique modifié par le traitement chimique et existant à l'état soluble à l'eau et à l'état soluble au citrate. Le plus souvent, ces deux derniers sont dosés en bloc, puisqu'on leur attribue une valeur commerciale peu différente. Il semblerait donc qu'en traitant direc-

tement par du citrate d'ammoniaque, on devrait dissoudre tout l'acide phosphorique existant sous ces deux formes. Il en est ainsi, en effet, lorsque l'engrais ne contient pas de magnésie ; mais la présence fréquente de cette base donne naissance à du phosphate ammoniaco-magnésien, insoluble dans le citrate, et tout l'acide phosphorique correspondant à la magnésie échappera au traitement citro-ammoniacal.

La magnésie se trouve dans la matière à l'état de sulfate ou de phosphate acide soluble dans l'eau ; on peut donc l'éliminer au préalable par un lavage et opérer le traitement par le citrate d'ammoniaque sur le résidu débarrassé de magnésie. Les deux liqueurs réunies après coup contiennent tout l'acide phosphorique qui a été modifié par l'action de l'acide sulfurique.

Mais le lavage à l'eau nécessite quelques précautions ; les superphosphates contiennent en général de l'acide sulfurique libre, d'un côté, et du phosphate non attaqué d'un autre côté ; la réaction de l'un sur l'autre n'a pas pu se faire dans le mélange, dont l'homogénéité n'est jamais parfaite. Si l'on traite par l'eau un semblable produit et qu'on laisse le contact se prolonger, l'acide sulfurique libre pourra se porter sur le phosphate non attaqué et le solubiliser. On obtiendrait ainsi dans le dosage une quantité d'acide phosphorique soluble plus grande que celle qui existe en réalité dans le produit examiné. De là la nécessité de pratiquer très rapidement le lavage à l'eau.

Voici comment il convient d'opérer, en suivant la marche indiquée par M. Aubin :

Le produit est passé au tamis de un millimètre de mailles. On en pèse 1^{gr},500 que l'on dépose dans un mortier en verre. On ajoute environ 20 centimètres cubes d'eau distillée et l'on délaye légèrement avec le pilon sans broyer. Après une minute de repos, on décante sur le filtre sans pli, appliqué sur un entonnoir reposant sur un ballon jaugé de 150 centimètres cubes. On renouvelle l'addition d'eau et les décantations trois ou quatre fois, en opérant très rapidement, puis on broye très finement la matière, on la recueille sur un filtre au moyen de la pissette et l'on continue le lavage jusqu'à parfaire le volume du ballon jaugé. Le contenu du ballon est versé après

agitation dans un verre à pied. Ici trois cas peuvent se présenter : 1° on se propose seulement de doser l'acide phosphorique soluble dans l'eau ; 2° on veut connaître la totalité de l'acide phosphorique soluble dans l'eau et de l'acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque ; 3° on demande séparément l'acide phosphorique soluble dans l'eau et l'acide phosphorique soluble dans le citrate d'ammoniaque.

Dans le premier cas, il suffit de soutirer, au moyen d'une pipette, 50 centimètres cubes de la liqueur d'épuisement, pour laisser dans le verre le liquide contenant l'acide phosphorique, soluble dans l'eau, provenant d'un gramme de superphosphate. On précipite à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien.

Dans le deuxième cas, on soutire également 50 centimètres cubes de la liqueur d'épuisement par l'eau distillée ; d'un autre côté on introduit le filtre contenant la matière lavée dans un ballon jaugé de 150 centimètres cubes, avec 60 centimètres cubes de citrate d'ammoniaque, on laisse en digestion pendant une heure en délayant la matière par l'agitation, et on laisse reposer pendant douze heures ; on amène le volume à 150 centimètres cubes, on agite et on filtre ensuite le liquide, rendu homogène, sur un ballon jaugé de 100 centimètres cubes. Les 100 centimètres cubes de la liqueur d'épuisement par le citrate d'ammoniaque sont ajoutés aux 100 centimètres cubes restant dans le verre à dosage et contenant le soluble à l'eau. On a ainsi réuni les deux formes solubles de l'acide phosphorique provenant d'un gramme de superphosphate. On les précipite également à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien.

Dans le troisième cas, on enlève 50 centimètres cubes de la liqueur provenant de l'épuisement par l'eau pour doser l'acide phosphorique soluble à l'eau sur un gramme de superphosphate et l'on opère le dosage du soluble au citrate avec 100 centimètres cubes du liquide obtenu dans le traitement par le citrate d'ammoniaque. On a ainsi encore opéré sur un gramme de la matière primitive.

On ajoute au liquide d'épuisement 20 centimètres cubes de citrate d'ammoniaque, dans le cas où il n'y en a pas déjà, et 10 centimètres cubes d'une liqueur magnésienne contenant suffisamment de magnésie pour précipiter 5 décigrammes d'acide phosphorique, puis

un volume d'ammoniaque égal au tiers du volume total. Dans ces conditions, le phosphate ammoniaco-magnésien se précipite entièrement, parce que les liqueurs renferment un excès de magnésie et d'ammoniaque, et, cependant, ce précipité est pur, parce que les liqueurs sont suffisamment volumineuses pour maintenir en dissolution les substances qui ont une tendance à être entraînées. En général, on laisse le précipité déposer toute la nuit, le lendemain on le recueille sur un filtre, on le lave à l'eau ammoniacale saturée de phosphate ammoniaco-magnésien, on le sèche et on l'incinère au moufle. Les quelques particules de charbon qui n'ont pas été brûlées pendant l'incinération sont détruites par quelques gouttes d'acide nitrique et une seconde calcination. Le poids de pyrophosphate de magnésie obtenu, multiplié par 63,963, donne le taux pour 100 d'acide phosphorique dans le produit analysé.

Cette méthode s'applique également aux engrais chimiques composés de superphosphate, d'engrais azotés et de sels potassiques.

Préparation du citrate d'ammoniaque. — 400 grammes d'acide citrique cristallisé sont dissous, dans une capsule, à froid, par une quantité suffisante d'ammoniaque à 22 degrés. On complète le volume d'un litre avec de l'ammoniaque.

9° Scories de déphosphoration.

On emploie depuis quelque temps des scories qui proviennent des opérations effectuées dans l'industrie métallurgique pour enlever le phosphore à la fonte par le procédé de Thomas Gilchrist. Ces scories contiennent des quantités très variables d'acide phosphorique, à un état dont le degré d'assimilabilité n'a pas encore été complètement déterminé ; mais il semble, qu'à l'état pulvérulent, elles doivent pouvoir céder leur acide phosphorique aux racines des plantes. Malgré la température élevée à laquelle ces scories ont été soumises, les phosphates qui s'y trouvent sont relativement assez solubles, même en partie dans le citrate d'ammoniaque. Les substances qui accompagnent l'acide phosphorique dans cette scorie sont la chaux, le fer existant en grande partie à l'état de protoxyde, en petite quan-

tité à l'état de peroxyde, avec des parcelles de fer métallique. Il y a, en outre, de la silice, un peu d'acide sulfurique, etc.

L'analyse de ce produit peut se faire exactement comme celle d'un phosphate de chaux naturel, à la condition toutefois de transformer tout le fer en sesquioxyde. On commence par dissoudre un gramme de matière finement pulvérisée, dans l'acide chlorhydrique bouillant, on évapore à sec pour séparer la silice, on reprend de nouveau par l'acide chlorhydrique et puis, on ajoute à l'ébullition de l'acide azotique, soit environ 5 centimètres cubes ; on fait bouillir jusqu'à disparition des vapeurs rutilantes et on traite ensuite par l'ammoniaque, l'acide citrique et le chlorure de magnésium comme dans un dosage ordinaire.

Lorsque les quantités d'acide phosphorique sont très faibles, on peut faire le dosage au moyen du molybdate d'ammoniaque ; dans ce but, on opère sur 5 décigrammes de matière, qu'on dissout par l'acide chlorhydrique après séparation de la silice, on reprend par l'acide azotique, on évapore à sec à deux ou trois reprises, toujours avec de l'acide azotique, jusqu'à ce que le chlore soit totalement éliminé. Dans la liqueur azotique, on verse le nitromolybdate d'ammoniaque, on recueille le précipité avec les précautions ordinaires, on le transforme en phosphate ammoniaco-magnésien et on le pèse à l'état de pyrophosphate de magnésie.

L'attaque préalable par l'acide chlorhydrique est indispensable parce que l'acide azotique peut ne pas dissoudre intégralement les phosphates.

La pesée du pyrophosphate de magnésie, que nous avons adoptée, suffit à toutes les exigences du dosage de l'acide phosphorique.

RAPPORT

ADRESSÉ

A LA COMMISSION ADMINISTRATIVE

DE

LA STATION ET DES LABORATOIRES AGRICOLES DE L'ÉTAT BELGE

Monsieur le Président,

J'ai l'honneur de vous adresser mon rapport annuel sur les travaux de la station agricole expérimentale de l'État pendant l'exercice 1886.

Le public industriel et le public agricole ont largement profité du laboratoire de cet établissement. Le chiffre des échantillons reçus s'élève à 2,309, dont 2,060 ont été soumis à l'analyse, ce qui constitue une augmentation de 119 échantillons comparativement à l'année précédente. La diminution que je vous ai signalée dans mon rapport pour l'année 1885 et qui s'expliquait d'ailleurs aisément par la cession d'une partie de notre clientèle aux laboratoires nouvellement établis à Anvers, Louvain et Mons, a donc fait place à une sérieuse hausse, qui démontre que l'utilité de l'application de l'analyse chimique et de l'analyse microscopique aux opérations agricoles est de plus en plus reconnue.

Il est regrettable que, malgré la grande publicité donnée aux règlements des laboratoires agricoles de l'État, les personnes intéressées négligent encore si souvent de prendre les précautions les plus élémentaires, lors de l'échantillonnage, de l'emballage et de l'expédition des échantillons. C'est ainsi qu'en 1886, 79 envois,

chiffre relativement élevé, n'ont pu être analysés pour cette cause et ont été annulés après six mois ; les expéditeurs ont été prévenus par l'envoi d'un imprimé.

L'article du règlement prescrivant que les échantillons ayant droit au contrôle gratuit doivent être analysés par le laboratoire de la province où habite l'acheteur est loin d'être toujours observé par l'expéditeur. 170 échantillons, adressés au laboratoire de Gembloux, ont dû être réexpédiés pour ce motif aux autres laboratoires agricoles, savoir : 86 à Louvain, 66 à Mons, 14 à Liége, 2 à Gand, 1 à Anvers et 1 à Hasselt. La réexpédition des échantillons au laboratoire auquel incombe l'analyse, due à cette négligence du public, cause à notre personnel la perte d'un temps qu'il pourrait mieux employer et occasionne des frais de port superflus. Il résulte également de ces réexpéditions des retards dans l'exécution de l'analyse et une augmentation des chances de perte, de bris ou de détérioration des échantillons.

Voici la provenance des échantillons examinés pendant l'exercice écoulé :

Belgique	Province de Namur	1,062
	— de Hainaut	365
	— de Brabant	296
	— de Liége	134
	— de Flandre occidentale	55
	— d'Anvers	44
	— de Flandre orientale	38
	— de Luxembourg	37
	— de Limbourg	3
Étranger	Italie	11
	France	6
	Hollande	5
	Allemagne	3
	Grand-Duché de Luxembourg	1
		2,060

Le tableau suivant montre la diversité des analyses exécutées. En le parcourant, le cultivateur et l'industriel trouveront une liste presque complète de toutes les matières fertilisantes et alimentaires consommées dans l'industrie rurale.

Matières fertilisantes.

Guano (brut, moulu ou dissous)	15
Fumier de tourbe	3
Poudrette	1
Poudre de sang	6
— de cuir	15
— de corne	1
— de viande	1
— d'os	9
— d'os et de viande	1
— de grattoni	1
— de chrysalides	1
Déchets de laine	98
Laine torréfiée	2
Déchets de drap	1
Matières organiques dissoutes	1
Engrais azoté	6
Cendres de bois	3
— de tourbe	2
Sulfate d'ammoniaque	126
Nitrate de potasse	3
— de soude	139
Chlorure de potassium	59
Sulfate de potasse	3
— — et de magnésie	2
Kaïnite	3
Sels potassiques mélangés	2
— d'osmose	1
Noir animal	2
Phosphate belge	119
— étranger	4
— basique de scories	11
— d'os	1
Superphosphate de chaux	491
Phosphate précipité	4
Superphosphate azoté	55
— potassique	5
Engrais mélangé	75
Plâtre	6
Plâtre phosphaté	3
Déchets de phosphate	1
Tourteaux pour engrais	7
Écumes de défécation	4
A reporter	1,293

Report.	1,293	
Chaux de la séparation	1	
Germes d'orge pour engrais	1	
Résidus de lavage de laines.	1	
Boues de papeterie.	1	
Eau pour irrigation.	2	
Divers.	3	
	1,302	1,302
Terres.		
Sols.	7	
Sable	1	
Marne	1	
Tuffeau.	1	
	10	10
Matières alimentaires pour le bétail.		
Tourteau de cocotier	5	
— de lin	16	
— de colza	5	
— — (Guzerath).	1	
— de ravison	2	
— de coton	1	
— d'arachides	14	
— de maïs	3	
— de sésame	1	
Farine de lin	2	
— de maïs étuvée.	1	
— de maïs	2	
— d'orge	1	
— de riz	2	
— de tourteau de coton.	1	
— mélangée pour bétail	2	
— d'arachides	1	
Son	1	
Pulpe de diffusion	2	
Drêche de distillerie	1	
— de brasserie.	1	
Maïs ensilé	1	
Divers.	3	
	69	69
Matières agricoles, industrielles, alimentaires, etc.		
Betteraves à sucre	602	
Eau alimentaire	4	
A reporter.	606	1,381

Report	606	1,381
Eau pour distillerie	2	
Calcaire	2	
Vin	1	
Malt	3	
Farine	23	
Écorces	1	
Chaux	1	
Mortier	1	
Ustensile de cuisine émaillé	1	
Vinaigre	1	
Peptone de viande	1	
Beurre	4	
« Beurrine »	1	
Tabac	12	
Graines diverses	15	
Recherches toxicologiques	2	
Divers	2	
	679	679
Total		2,060

L'examen des produits précités — sans par conséquent faire entrer en ligne de compte les opérations relatives à des recherches expérimentales, engrais ou produits de la serre et du champ d'expériences — a nécessité les 3,258 opérations analytiques suivantes :

Dosage de l'azote sous ses différentes formes	729
— de l'acide phosphorique sous ses différentes formes	888
— de la potasse	188
— de la matière albuminoïde	62
— — grasse	59
— du sucre	602
— de l'alcool	2
— de la nicotine	18
Dosages divers	280
Essais de germination	33
— qualitatifs	359
Recherches au microscope	38
Total	3,258

Le contrôle s'est étendu en 1886 sur 32 fabriques qui ont, pour la province de Namur seule, donné lieu à l'analyse gratuite de 597

échantillons. 24 cas de différence de titre entre la garantie et le titre réel ont été portés à ma connaissance par les acheteurs.

Ces différences, la plupart peu importantes du reste, ont été soumises à mon arbitrage. J'ai été informé que pour un seul de ces cas mon arbitrage a été refusé par l'une des parties et que le différend a été porté devant le tribunal.

La composition des matières fertilisantes consommées pendant l'exercice écoulé par l'agriculture belge est indiquée dans le tableau suivant :

	MINIMA.	MAXIMA.	MOYENNE.	
	P. 100.	P. 100.	P. 100.	
Déchets de laine	1.72	6.08	3.97	d'azote organique.
Sang desséché	10.83	12.75	11.97	— —
Poudre de cuir	6.94	7.87	7.29	— —
Sulfate d'ammoniaque	17.17	21.06	20.26	— ammoniacal.
Nitrate de soude	7.65	16.19	15.30	— nitrique.
Chlorure de potassium	44.01	59.16	50.58	de potasse anhydre soluble dans l'eau.
Phosphate fossile étranger	14.31	39.86	27.75	d'acide phosphorique anhydre soluble dans les acides minéraux.
— — belge	16.15	29.36	24.57	d'acide phosphorique anhydre soluble dans les acides minéraux.
Superphosphate de noir	10.69	17.23	14.29	d'acide phosphorique anhydre soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin.
— de phosphorite	9.18	18.35	12.75	d'acide phosphorique anhydre soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin.
Phosphate précipité	21.22	34.40	24.83	d'acide phosphorique anhydre soluble dans le citrate d'ammoniaque alcalin.
— basique	14.87	24.76	17.24	d'acide phosphorique anhydre soluble dans les acides minéraux.
Poudre d'os	2.62	4.31	3.73	d'azote organique.
	14.98	26.30	20.89	d'acide phosphorique anhydre soluble dans les acides minéraux.

Je crois utile de compléter ces renseignements sur la qualité des produits du commerce belge par les observations suivantes :

Le développement considérable qu'avait pris dans presque tous les pays du monde l'extraction des *phosphates fossiles*, ayant provoqué une notable baisse de prix, « la fièvre des phosphates », suivant l'expression de M. Cornet, s'était beaucoup calmée en 1885 et au commencement de 1886. Mais de nouveaux accès viennent de se produire. Ils ont amené la découverte en Belgique de phosphate de chaux dans la craie de Maisière [1] et dans celle d'Obourg [2].

1. Cornet, *Annales de la Société géolog. de Belgique*, t. XIII.
2. Denys, *Annales de la Société géolog. de Belgique*, t. XIII.

La France également, si riche en phosphate fossile, vient d'augmenter le nombre de ses gisements exploités par la découverte des phosphates de la Somme, qui sont d'une grande richesse. Des échantillons de ce phosphate nous ont donné jusqu'à 85 p. 100 de phosphate tricalcique, accompagné de très faibles proportions de carbonate calcaire.

Les célèbres apatites de l'Estramadure et les phosphorites de Cacérès auront bientôt à soutenir une puissante concurrence. M. de Luna, de l'université de Madrid, avait, il y a quelques années déjà, découvert à Jumilla (Murcie) d'importants gisements d'apatite de toute beauté[1]. Disséminés dans une gangue trachitique, assez friable, les cristaux d'apatite peuvent facilement être isolés.

D'après des essais faits en petit sur les échantillons de quelques kilogrammes que je dois à l'obligeance de mon savant collègue espagnol, j'ai obtenu un rendement de 30 p. 100 de cristaux ; industriellement, ce chiffre descendra à environ 20 p. 100. L'analyse des cristaux, dont j'avais chargé M. Graftiau, a donné les résultats suivants :

Chaux	54.11
Oxyde de fer et alumine	1.94
Acide phosphorique	41.85
Insoluble (silice)	0.06
Fluor, traces indosables d'acide carbonique, perte	2.04
	100.00

La richesse exceptionnelle de ce phosphate (91.36 de phosphate tricalcique), et la distance relativement faible qui sépare les gisements du port de Carthagène, font prévoir une extraction importante. L'agriculture n'a qu'à se réjouir de toutes les découvertes que je viens de signaler, car le bas prix de l'acide phosphorique est une des conditions essentielles de la production à bon marché du froment et de la betterave riche.

J'ai également à signaler une augmentation dans l'emploi de *la poudre d'os,* engrais par excellence pour les cultures d'hiver, parti-

1. *Minas de apatita de Jumilla,* por el ingeniero Aymar. Madrid, 1886.

culièrement en terres légères, et des *scories Thomas Gilchrist* dites « phosphate basique », dont je me suis occupé longuement dans mes rapports sur les années 1883, 1884 et 1885, en démontrant tous les avantages que l'agriculture peut tirer d'un emploi rationnel de ce précieux résidu de l'industrie de l'acier. Je me plais aussi à constater que les producteurs apportent maintenant de grands soins à la mouture de ce produit qui, pour pouvoir être qualifié de bonne qualité, doit laisser passer 70 p. 100 de poudre fine à travers un tamis dont les mailles ont 1/4 de millimètre d'ouverture, suivant les travaux récents de M. Fleischer.

Une nouveauté a paru sur le marché des engrais. Je veux parler des « scories potassiques ». Les excellents résultats produits dans certaines circonstances par l'emploi simultané des sels de potasse et du phosphate basique ont donné l'idée à l'industrie de préparer en grand ces sortes de mélanges à titre déterminé. Mais il y a plus. En dehors de l'avantage qui résulte d'un mélange mécanique intime de l'acide phosphorique et de la potasse, il se passera, dans ce mélange, une décomposition aussitôt qu'il sera en contact avec l'eau du sol. La chaux se combinera à l'acide sulfurique du sulfate de potasse en mettant cette base en liberté. On pourra même théoriquement admettre qu'une seconde réaction suivra la première. La potasse attaquera peu à peu les phosphates de chaux[1] et de fer en formant du phosphate potassique. La chaux des scories potassiques augmentera donc, si l'on peut s'exprimer ainsi, la valeur physiologique de la potasse du sulfate. Les bons effets obtenus par l'emploi simultané de chaux et des sels de potasse de Stassfurt que l'on a constatés, il y a longtemps déjà, en Allemagne, les effets remarquables que produisent les cendres de bois qui renferment la potasse sous forme de carbonate et de phosphate, et les expériences que nous avons entreprises, M. Kohlrausch et moi[2], sur le rôle du carbonate et du phosphate de potasse dans la nutrition de la betterave

1. Stutzer et Heiligenstock viennent de démontrer que l'acide phosphorique se trouve dans les scories partiellement à l'état de phosphate tétrabasique ($4\,CaO, Ph_2O_5$), combinaison dont on a considéré jusqu'à présent l'existence comme impossible.

2. *Organ des Vereins für Rübenzuckerindustrie* in Oesterreich-Ungarn, 1872. S. 182.

à sucre, font prévoir le succès que les scories potassiques obtiendront.

Il nous semble du reste que, jusqu'à présent, l'on n'a pas tenu assez compte, dans l'utilisation du phosphate basique, de son titre relativement élevé en chaux libre, qui le recommande aussi pour être employé simultanément avec des engrais organiques azotés, difficilement décomposables : laine, cuir, etc., dont elle hâtera considérablement la décomposition. Ces mélanges doivent naturellement être immédiatement enterrés à la herse ou mieux à l'extirpateur, afin que le pouvoir absorbant du sol retienne l'ammoniaque qui peu à peu se dégagera jusqu'au moment de sa nitrification.

Une autre nouveauté a encore paru dans le commerce des engrais potassiques. Un sel de potasse préparé par les Kaliwerke d'Aschersleben et qui nous a été adressé sous le nom générique de « sels potassiques », a présenté la composition suivante :

Potasse	50.05
Soude	4.41
Magnésie	2.66
Acide sulfurique	11.33
Chlore	36.72
Insoluble, eau et perte	3.30
	108.27
Oxygène correspondant au chlore	8.27
	100.00

En comparant cette analyse avec la composition du chlorure de potassium ordinaire, on reconnaît qu'une partie du chlorure de potassium est remplacée par du sulfate de potasse et une partie du chlorure de sodium par du sulfate de sodium et du sulfate de magnésie.

Cette préparation spéciale présente l'avantage de fournir un produit moins hygroscopique, se laissant moudre plus finement, avantage qui assure une meilleure répartition sur les champs ou un mélange plus intime avec les autres engrais, par exemple les superphosphates et les nitrates.

La réduction du titre en chlore me paraît recommander cet engrais,

particulièrement pour les récoltes auxquelles un titre élevé en chlore est nuisible sous le rapport de la qualité : tabac, pomme de terre et betterave à sucre.

L'épuisement de certains gisements de guano du Pérou, la guerre entre le Pérou et le Chili, les changements de consignations, la baisse considérable des engrais chimiques, beaucoup plus forte que celle des prix du guano qui en était la conséquence, les fréquentes falsifications et d'autres causes encore ont déterminé une diminution considérable dans l'emploi du guano. La plupart de ces raisons ayant disparu et une réduction sérieuse des prix de vente du guano brut ayant été accordée par le gouvernement du Chili, il est probable que l'importation du guano du Pérou va prendre un nouvel essor. C'est particulièrement au *guano pulvérisé* qu'appartient l'avenir.

Mes expériences sur la valeur agricole relative de l'acide phosphorique sous ses différents états chimiques, commencées en 1875 et qui ont été le point de départ d'un changement radical des opinions qui avaient cours dans l'appréciation des engrais phosphatés, ont eu pour conséquence de réduire peu à peu le traitement des guanos par l'acide sulfurique au profit de leur mouture pure et simple. Cette dernière préparation a pu se développer d'autant plus que la richesse en azote sous forme de combinaisons ammoniacales, volatiles à la température ordinaire, descendant continuellement, il est devenu moins nécessaire d'en empêcher la déperdition par la fixation à l'aide de l'acide sulfurique. En outre, les guanos importés pendant quelques années à l'état très humide et pâteux, sont devenus plus secs, faisant disparaître ainsi un des motifs de la fabrication du guano dissous. Le guano brut moulu se vend du reste comme le guano dissous et le nitrate-guano, avec garantie de titre sous le contrôle des laboratoires agricoles de l'État.

La bonne pratique consistant à mélanger le sulfate d'ammoniaque ou le nitrate de soude avec la moitié ou les deux tiers de son poids de plâtre afin d'assurer une répartition régulière lorsque ces engrais sont employés en couverture sur céréales d'hiver ou sur prairies, se généralise dans le pays. On demande même quelquefois ces mélanges aux marchands d'engrais et plusieurs échantillons de cette nature ont été analysés cette année. Lorsque ce mélange se fait à la fabrique,

on doit veiller à n'employer, en ce qui concerne le sulfate d'ammoniaque, que du plâtre exempt de carbonate de chaux et de chaux, afin de prévenir les pertes d'azote. Ce danger me paraît nul lorsque le mélange, fait sur place, est semé immédiatement après.

Dans mon rapport sur les travaux de 1883, j'ai été amené à parler de la production croissante du sulfate d'ammoniaque par suite d'une nouvelle source d'extraction trouvée dans les gaz qui s'échappent des fours à coke.

La baisse de prix de ce précieux engrais azoté qui en est résultée a eu pour conséquence une si forte extension de son emploi agricole que le nitrate de soude, qui renferme pourtant l'azote sous la forme la plus assimilable, s'en est ressenti. Les chiffres suivants sont intéressants à ce point de vue.

Nombre d'échantillons analysés à la station agricole.

ANNÉES.	SULFATE d'ammoniaque.	NITRATE de soude.	TOTAL.
1884	46	176	222
1885	61	166	227
1886	126	139	265

Avant d'abandonner les matières fertilisantes, j'ai encore à compléter pour 1886 le tableau que je publie tous les ans, démontrant la diminution de l'achat par le cultivateur des engrais complets à formule, diminution que j'ai toujours considérée comme le véritable baromètre de la diffusion des sciences agronomiques dans les campagnes.

ANNÉES.	NOMBRE TOTAL des matières fertilisantes analysées.	ENGRAIS composés à formule.	P. 100.
1875	402	91	23
1879	692	123	18
1880	834	122	15
1881	965	110	11.5
1884	1,331	136	9.9
1885	1,360	104	7.7
1886	1,302	75	5.8

Je passe aux analyses de matières alimentaires pour le bétail.

Le tableau suivant donne la moyenne, le minimum et le maximum des titres en graisse, en albumine et en cendres, constatés en 1886 dans les principaux tourteaux du commerce :

		MINIMA.	MAXIMA.	MOYENNES.
Arachide	Matières grasses	6.14	9.30	7.48
	— albuminoïdes	43.22	48.97	45.72
	— minérales (cendres)	4.14	7.35	6.20
Lin	— grasses	7.25	12.34	8.97
	— albuminoïdes	23.67	33.28	28.95
	— minérales	4.90	9.65	7.21
Colza	— grasses	8.00	9.66	8.77
	— albuminoïdes	28.71	30.33	29.63
	— minérales	6.23	12.57	8.25
Cocotier	— grasses	10.14	16.02	12.86
	— albuminoïdes	18.70	19.66	19.18
	— minérales	5.74	7.75	6.88
Maïs[1]	— grasses	7.95	15.59	12.21
	— albuminoïdes	34.28	36.19	35.34
	— minérales	5.64	7.93	7.04
Sésame	— grasses	»	»	13.94
	— albuminoïdes	»	»	33.94
	— minérales	»	»	12.12

Une plainte a été adressée à la station agricole au sujet d'un fort dérangement gastrique dont les vaches d'une étable ont été atteintes, lequel a été attribué à l'alimentation par un tourteau d'arachides. Voici l'appréciation que j'ai donnée après un examen minutieux du cas signalé : La composition de ce tourteau est tout à fait normale ; c'est celle d'un tourteau de bonne qualité (trouvé : 9.30 de matières grasses, 46.66 de matières albuminoïdes et 5.53 de matières minérales). Il n'est pas falsifié par du sulfate d'ammoniaque. La matière grasse n'est pas altérée ; le goût est agréable ; le tourteau ne renferme presque pas de poils. Le microscope ne fait découvrir aucune trace de moisissure. La seule critique que l'on puisse soulever contre ce tourteau, c'est qu'il est excessivement dur ; les sucs digestifs doivent, par conséquent, le ramollir et le pénétrer difficilement, ce qui pourrait expliquer des dérangements de l'appareil digestif. En

1. Résidu de la distillation du maïs, filtré et pressé.

mouillant d'eau chaude, cinq à six heures avant le repas, le tourteau concassé, et en le salant légèrement, ce danger doit disparaître, me semble-t-il.

Il a été également analysé un échantillon de maïs ensilé provenant d'un essai, parfaitement réussi, exécuté par M. le baron Van der Bruggen, de Gand.

Le maïs était fort bien conservé, complètement exempt de moisissure, et il dégageait une odeur aigrelette agréable. Voici sa composition :

Eau	83.19
Matières albuminoïdes	1.10
— grasses	1.10
— extractives non azotées	8.79
Cellulose	4.57
Matières minérales	1.25
	100.00

Parmi les matières alimentaires pour l'homme, la station agricole a eu à examiner 23 échantillons de farine. Voici les chiffres trouvés pour l'eau et les matières minérales (cendres) :

	EAU (100 A 105° C.).			CENDRES.		
	Minima.	Maxima.	Moyenne.	Minima.	Maxima.	Moyenne.
Farine de froment blutée	13.17	14.57	14.04	0.58	1.02	0.73[1]
— — non blutée.	12.85	14.83	14.00	1.57	2.12	1.82
— de seigle non blutée	14.14	16.38	14.82	1.56	2.21	1.89

Trois farines de froment fournies à des administrations publiques renfermaient une assez forte proportion de seigle ; quelques échantillons de farine de seigle contenaient de la graine de *Lychnis githago*, l'un d'eux dans une si forte proportion que nous l'avons considéré comme impropre à la consommation.

Je rappelle ici que le danger que présente cette graine et les manières de la reconnaître ont été signalés dans ma note spéciale

1. Une série de farines de froment non falsifiées, provenant de la province de Namur, nous a donné précédemment un titre moyen de 0.71 p. 100 de cendres.

sur cet objet, publiée en 1879[1]. Nous n'avons constaté aucune falsification avec des matières minérales. Le titre de 16.38 p. 100 d'eau rencontré dans un des échantillons doit être considéré comme anormal ; d'après nous, une farine de froment ou de seigle de bonne qualité ne doit, en effet, pas renfermer plus de 15 p. 100 d'eau.

La falsification de l'huile d'olive préoccupe beaucoup depuis quelques années les chimistes français et italiens. M. Becchi, directeur de la station agricole de Bologne, a recherché particulièrement un moyen de découvrir l'introduction frauduleuse de l'huile de coton dans l'huile d'olive, mélange qui, d'après lui, s'opère sur une très vaste échelle. Ayant réussi après de très longs essais, M. Becchi nous a prié de vérifier sa méthode. Celle-ci ayant été publiée dernièrement dans un journal agricole du pays[2] avec tous les détails opératoires, nous nous bornons ici à reproduire la conclusion des essais que nous avons exécutés à la station agricole, sur la demande de notre collègue italien. C'est M. Masson qui a été chargé de cette recherche.

Les réactifs de M. Becchi, se composant d'un mélange d'huile de colza et d'alcool amylique, d'une part, et d'une solution alcoolique de nitrate d'argent, d'autre part, produisent avec l'huile de coton une coloration rouge-brun très caractéristique.

Cette réaction permet de déceler aisément une falsification de l'huile d'olive par l'huile de coton. Avec un mélange renfermant au minimum 20 p. 100 d'huile de coton, la réaction est très nette, mais en dessous de cette limite elle est fort douteuse.

Il est ensuite à remarquer que toutes les huiles que nous avons essayées, y compris les types d'huile d'olive pure que l'auteur de la méthode nous a envoyés, donnent à la longue, avec les réactifs de M. Becchi, une coloration brune lorsqu'elles sont maintenues pendant une demi-heure à la température de l'eau bouillante. Il faut donc, lors de la recherche de l'huile de coton, éviter que la température du bain-marie dépasse 75° C. et conclure à une falsification

1. *Recherches de chimie et de physiologie appliquées à l'agriculture*, 2e édit., p. 241.

2. *Journal de la Société agricole du Brabant-Hainaut*, 1886, n° 50.

seulement lorsque la réaction se fait déjà au bout de cinq minutes. Il est bien entendu qu'il faut toujours procéder par comparaison.

Lorsqu'on emploie pour la préparation du réactif Becchi une huile de colza épurée d'après les indications de l'auteur, la réaction de l'huile de coton sur le nitrate d'argent devient beaucoup plus nette et l'inconvénient signalé plus haut, d'obtenir à la longue une réaction avec toutes les huiles, disparaît.

Pendant l'exercice écoulé, il a été analysé 602 échantillons de betteraves. Voici, comparé aux résultats de la campagne précédente, le relevé des chiffres obtenus :

	TITRE SACCHARIN de la betterave.			QUOTIENT de pureté du jus.		
	Minima.	Maxima.	Moyenne.	Minima.	Maxima.	Moyenne.
1885-1886. . .	7.59	17.05	12.27	72.63	88.86	84.07
1886-1887. . .	8.36	16.58	12.41	75.29	88.58	83.70

Par ordre de M. le Ministre de l'agriculture, il a été analysé en 1886 11 échantillons de betteraves, 12 échantillons de tabac et 1 échantillon de farine prétendûment falsifiée, remis par un ouvrier entre les mains de la commission d'enquête du travail. L'analyse chimique et l'examen microscopique ont démontré qu'il s'agissait d'une farine tout à fait pure.

Le besoin de s'instruire, qui devient de plus en plus urgent pour le cultivateur, produit depuis quelques années un développement considérable du service des consultations. J'ai assez souvent insisté dans mes rapports annuels sur l'utilité des stations agricoles à ce point de vue, pour que je puisse me borner cette année à donner simplement le relevé du livre de correspondance.

Consultations données en 1886.

	ÉCRITES.	VERBALES.
Choix et emploi des engrais artificiels	36	15
Valeur de diverses matières comme engrais. .	66	3
Choix et emploi des fourrages	20	4
Culture et vente de la betterave	6	14
Cultures diverses	27	1
Industries agricoles	9	11
Organisation du contrôle des engrais	22	1
Divers	35	13
	221	62
	283	

Pour me rendre compte de la situation de nos recherches expérimentales, je ne puis mieux faire que de suivre le *Bulletin de la station agricole de Gembloux,* organe de ses travaux.

Le fascicule n° 35 contient la suite de nos recherches sur la culture de la betterave à sucre et comprend les résultats obtenus par la *culture comparative de huit variétés de betteraves* en deux champs différents.

Dans le même bulletin se trouvent consignées les analyses de trois échantillons de *plâtre phosphaté,* nouveau produit apparu sur le marché belge en 1885. Ce résidu de la fabrication du superphosphate riche peut remplacer avantageusement le plâtre naturel dans son emploi agricole, et comme il ne coûte pas plus cher, les 2 à 3 p. 100 d'acide phosphorique qu'il contient constituent un bénéfice pour l'agriculture.

Dans le rapport sur les travaux de 1885, j'avais annoncé que mon étude sur la valeur relative, comme aliment végétal, de l'azote dans les nombreux déchets organiques azotés était terminée, en promettant la publication prochaine de ces recherches. C'est ce qui a été fait depuis dans le *Bulletin n°* 36.

Je me borne à répéter ici les conclusions de ce travail. « La poudre d'os soumise à l'expérience pendant trois années sur du froment de mars et sur du froment d'hiver, en sol sablo-argileux en bon état de culture, a produit une augmentation du rendement en grain de 13 p. 100. Cependant, elle est restée en arrière sur l'azote du sang et sur l'azote nitrique employés dans des conditions identiques. En sol sablonneux, très pauvre, la poudre d'os a été d'une efficacité remarquable, restant un peu en arrière sur l'azote nitrique, l'état de l'azote le plus favorable à la production végétale, et atteignant l'effet de l'azote du sang, qui est connu comme le plus actif des engrais azotés organiques. L'addition de chlorure de potassium à la poudre d'os en sol sablo-argileux n'a produit qu'une fois sur trois une augmentation du rendement, encore était-elle très faible ; mais en sol sablonneux, la potasse a, neuf fois sur neuf, fait monter considérablement la récolte du grain. »

Dans ces recherches, poursuivies depuis 1880, nous avons pris comme unité l'effet produit par $0^{gr},25$ d'azote nitrique sur le rende-

ment de 4 kilogrammes de terre. En rapportant à ce type de comparaison les résultats de l'ensemble de nos recherches, comprenant six années d'expériences qui embrassent 96 essais isolés, et en fusionnant les conclusions données à la fin du compte rendu sur chaque groupe d'essais, nous pouvons classer l'efficacité relative de l'azote organique, comparé à l'azote nitrique, dans l'ordre suivant :

Azote du nitrate de soude,
— du sang desséché,
— de la laine dissoute,
— de la poudre d'os,
— de la laine brute,
— du cuir.

Des renseignements très erronés existant dans beaucoup d'écrits sur la *composition du topinambour*, nous en avons fait une nouvelle étude analytique. Le *Bulletin n°* 36 contient un tableau donnant la composition complète de 9 échantillons de topinambours. Il en résulte que l'on attribue souvent à ce tubercule un titre trop élevé en hydrates de carbone saccharifiables et qu'au point de vue de sa valeur alimentaire, sur 100 parties d'azote contenues dans le topinambour, 59.1 seulement s'y trouvent à l'état albuminoïde, soit donc 40.9 sous forme d'amides, etc., proportion que l'on avait négligée jusqu'à présent. Au point de vue cultural, ces analyses montrent qu'une récolte de 15 000 kilogrammes de tubercules de topinambour enlève au sol 33 kilogrammes d'azote et 165 kilogrammes de matières minérales. La pratique a reconnu d'ailleurs déjà depuis un certain temps que cette plante, que l'on prône si souvent « comme plante des terres pauvres », ne donne des rendements satisfaisants que lorsqu'on ne lui ménage pas les avances.

Ces explications me paraissent opportunes à un moment où la nouvelle loi sur les distilleries ne manquera pas d'exercer une influence heureuse sur l'extension de cette culture.

Le *Bulletin n°* 36 renferme également une note sur la *richesse en nicotine du tabac belge*, de laquelle il résulte que le titre moyen du tabac indigène, d'après 16 analyses, se fixe à 3.66 p. 100 de nicotine, tandis que celui de 4 échantillons de Havane indigène n'est que de 2.68 p. 100. Comme au même degré de combustibilité et d'arome,

la qualité du tabac est en rapport inverse avec sa richesse en nicotine, j'ai conseillé aux producteurs belges de faire plus souvent emploi de semences récoltées à la Havane. Ce qui précède a été confirmé depuis par de nouvelles analyses faites en 1886. La moyenne de 11 échantillons qui m'ont été adressés par M. le Ministre de l'agriculture a donné 4.66 p. 100 de nicotine.

Ces échantillons provenaient des champs d'expériences du gouvernement et le titre de nicotine se rapporte au tabac écôté desséché à l'air (12 p. 100 d'eau). Un échantillon de tabac hongrois cultivé à Libin (Ardennes) ne contenait que 3.55 p. 100 de nicotine, donc 1 p. 100 de moins que le tabac indigène. C'est une nouvelle preuve que certains tabacs étrangers connus comme pauvres en nicotine conservent, cultivés en Belgique, comme M. Schlœsing l'a reconnu déjà pour la France, le taux de nicotine qu'on leur trouve au pays d'origine.

Les recherches que nous poursuivons depuis quelques années déjà sur l'action des engrais potassiques dans la culture de la betterave à sucre, en sol sablo-argileux, sont assez avancées ; elles demandent cependant une dernière année d'expérimentation (1887) avant d'être clôturées ét publiées.

Je signale, pour terminer, que la station agricole a été honorée dans le courant de cette année de la visite de M. le Ministre de l'agriculture, de l'industrie et des travaux publics, qui a bien voulu examiner en détail les locaux et les installations expérimentales de notre établissement. M. le Ministre a prouvé par là l'intérêt qu'il porte à notre institution et il a donné un précieux encouragement à nos travaux.

Nous avons encore reçu en 1886 un haut fonctionnaire japonais en mission en Europe. Il s'est particulièrement intéressé à l'organisation de notre station et des laboratoires agricoles belges, institution qui a déjà trouvé un commencement d'exécution dans son pays, par la création d'un établissement similaire à Tokio.

Enfin, nous avons eu le plaisir de recevoir la visite d'une commission, composée de M. Allain-Targé, préfet de l'Aisne, et de plusieurs grands industriels et agronomes, que le conseil général du département de l'Aisne avait chargée d'étudier le fonctionnement de la sta-

tion de Gembloux afin de pouvoir élaborer en connaissance de cause un projet d'organisation d'une station agronomique à créer à Laon. Ces messieurs se sont surtout fait expliquer tout ce qui concerne l'administration de la station et des laboratoires : personnel, tarif des analyses, contrôle des fabriques d'engrais, service expérimental, frais de premier établissement, frais d'entretien, etc., et ont trouvé excellentes les mesures prises en Belgique par le gouvernement et la commission administrative de ces établissements.

Il n'est survenu en 1886 aucun changement dans le personnel de la station : MM. Masson, Graftiau, de Marneffe et Lardinois, préparateurs chimistes, ont pris, à mon entière satisfaction, une large part dans l'exécution des analyses et des autres travaux dont je viens de rendre compte dans ce rapport.

Le Directeur
de la station agricole expérimentale de l'État,
A. Petermann.

L'AGRICULTURE AU JAPON

SON ÉTAT ACTUEL ET SON AVENIR[1]

Par le Dr SHINKIZI NAGAI

TRADUIT DE L'ALLEMAND PAR M. HENRY GRANDEAU

DOCTEUR ÈS SCIENCES

CHEF DES TRAVAUX AGRONOMIQUES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE NANCY

SOUS-DIRECTEUR DE LA STATION AGRONOMIQUE DE L'EST

I. — Constitution du sol.

L'empire japonais consiste, dans son ensemble, en quatre grandes et quatre très petites îles : il est situé entre 24°20′ et 51° de latitude Nord et entre 122°53′ et 156°36′ de longitude Est : il s'étend donc sur environ 27 degrés de latitude et 31 degrés et demi de longitude.

D'après les documents de statistique agricole, communiqués en 1884 par le ministre de l'intérieur, la superficie totale du pays s'élevait à : 39223181,25 hectares. Les terres cultivées, y compris celles qui sont disposées en terrasses, occupent 4371056 hectares, soit à peine un neuvième de la surface totale.

Le caractère presque exclusif du Japon est celui d'un pays de montagnes ; les quelques plaines importantes n'existent que sur le parcours des grands fleuves. La plus étendue est la vallée de *Kuwanto*, dont huit provinces, *Sagami, Musashi, Awa, Kadzusa, Shi-*

1. *Die Landwirthschaft Japans, ihre Gegenwart und ihre Zukunft.* Dresden. G. Schönfelds Verlagsbuchhandlung. 1887.

modzusa, Kodzuke, Shimodzuke et *Hitachi* forment la majeure partie. Elle entoure la baie de *Tokio* et est arrosée par le fleuve *Tonegawa*, célèbre par ses fourches, sur un parcours d'environ 51 kilomètres, par le *Sumidagawa*, sur une longueur à peu près moitié moindre et par une série d'autres petits fleuves. Après cela, viennent : la plaine de *Mino, Owari* et *Ise* (fleuve Kisogawa, longueur 40 kilom.), qui se limite à l'anse de *Owari ;* plus loin, la plaine de *Osaka,* traversée par le fleuve *Yodogawa* (16 kilom.) ; celle de *Echigo* sur le trajet des fleuves *Shinanogawa* (80 kilom.) et *Akagawa ;* celle de *Sendai* (fleuve *Abukumagawa*, 40 kilom.) près de l'anse de *Sendai ;* celle de *Ishikari* (fleuve *Ishikarigawa,* 136 kilom.) dans l'île *Yezo,* etc. Il existe en outre des surfaces de terrains, importantes et fertiles, enserrées dans un cercle de montagnes comme, par exemple, *Aidzutaira,* dans la province *Iwashiro* et la plaine de *Yagamata* dans la province *Uzen.*

Par suite de l'abondance des pluies, le pays est parcouru par un réseau serré de fleuves et de ruisseaux, qui, à quelques exceptions près, ne sont pas navigables. Les grands fleuves comme *Tonegawa, Sumidagawa,* etc., qui, près de leur embouchure, coulent dans la plaine, permettent le trafic par petits et grands bateaux marchands et, même, depuis ces dernières années, par de petits bateaux à vapeur, mais seulement sur un parcours peu étendu. Du reste, la majorité des transports se font par bateaux plats, avec charge de 30 à 40 quintaux. Le transport par eau n'offre d'ailleurs qu'un faible avantage par rapport à celui par terre, malgré l'état très imparfait des routes.

La véritable utilisation de la richesse du pays en eau consiste dans l'établissement artificiel, sur une vaste échelle, de champs marécageux pour la culture du riz, en utilisant les petits cours d'eau. Il est curieux de remarquer à quel point, au Japon, la culture se développe de préférence au voisinage des fleuves et des ruisseaux. Même dans les vallées étroites ou dans les gorges des parties montagneuses, on trouve le sol de la vallée transformé du haut en bas de la gorge en champs étagés en terrasses, après que l'eau y a coulé une année entière ou qu'on y a créé des étangs artificiels. Il n'est pas rare de rencontrer des gorges, dont le terrain est exploité

et qui sont si escarpées qu'un intervalle de plusieurs pieds sépare des terrasses d'une superficie de quelques mètres seulement.

La culture a été de tout temps très limitée au Japon ; seule, la surface productrice du riz a pris un grand développement. La mise en culture de la partie sèche de ce pays a été absolument laissée de côté [1], si bien qu'il existe encore dans diverses contrées des plaines, placées cependant dans des conditions favorables au double point de vue de la fertilité et des rapports commerciaux, qui restent en jachère uniquement parce qu'elles sont situées à quelques mètres au-dessus du niveau du domaine arrosé par le fleuve ou le ruisseau voisin.

La Statistique agricole, publiée en 1879 par le ministère de l'intérieur, répartit de la façon suivante la superficie totale du Japon en 1877 [2] :

	HECTARES.
Surface cultivée en riz	2610933,1
Terres sèches	1897488,8
Forêts	16767228,9
Sans culture	13567417,9
Surface occupée par les bâtiments	370701,8
Chemins	343963,5
Surface occupée par l'eau	1528726,5
Divers	1261199,3
Total	38347689,8

D'après ces données, la surface cultivée (terres à riz et terres sèches ensemble) représente seulement 33.231 p. 100 de la surface non cultivée.

La chaîne montagneuse du Japon, comme l'a fait ressortir J. Rein dans sa publication sur le Japon, suit d'ordinaire le développement longitudinal des îles du Nord-Est au Sud-Ouest et présente, à côté de pics extrêmement élevés, des cols relativement bas. Cela tient surtout à ce fait que le massif montagneux, composé de roches cristallines primitives et de schistes anciens, ne s'élève pas à une grande hauteur dans la plupart des cas, tandis que les formations volca-

1. Traitée en marâtre (*stiefmütterlich behandelt*), comme l'écrit l'auteur d'une façon plus expressive. H. G.

2. Ces nombres ont été empruntés au livre de Liebscher, intitulé : *Japan*, p. 102.

niques qui souvent les traversent et les recouvrent, forment, il est vrai, des sommets gigantesques, mais rarement des crêtes élevées et longues, si bien que le passage entre ces pics a lieu souvent sur le massif de base. Les masses volcaniques se trouvent fréquemment placées en avant des chaînes montagneuses et rétablissent des communications entre les différentes parties de l'ancien massif, dont la disposition a été plusieurs fois dérangée et bouleversée.

Ce ne sont pas les énormes fragments de rochers, brisés, crevassés et d'aspect sauvage qui rendent remarquables les paysages de la partie montagneuse du Japon, mais bien plutôt leur aspect charmant et leur fraîcheur. En outre de la nature spéciale des matériaux constitutifs de la base des montagnes, ce phénomène doit être attribué avant tout à la vive décomposition des roches qui est due à plusieurs causes et qui amène une métamorphose relativement rapide du profil montagneux. En réalité, toutes les influences qu'on désigne sous le nom de « dent du temps » se font ici sentir au plus haut degré ; nous voulons parler des fréquentes alternatives de pluie et de sécheresse, de gelée et de rosée pendant l'hiver et des violentes et abondantes chutes d'eau de la saison d'été, qui agissent de concert avec la température élevée du pays, pour stimuler puissamment le développement des végétaux ; les racines de ces derniers sont un agent puissant de décomposition et de fragmentation des roches, qu'il ne faudrait pas estimer au-dessous de sa valeur réelle.

Les recherches concernant la géologie du Japon ont été complètement négligées autrefois, tandis que toutes les espèces appartenant à la nature vivante (végétaux et animaux) ont été déterminées d'après la vieille méthode chinoise. Ce n'est qu'après l'ouverture du pays que des recherches géologiques ont été entreprises par des savants, en partie sous les ordres du gouvernement et, en partie, par des naturalistes étrangers. Ces recherches, bien qu'elles n'aient point été tout à fait approfondies, ont montré qu'une série de formations ont contribué à la constitution des montagnes du Japon et qu'elles ont donné des sols différents, suivant la nature des produits de leur décomposition ; mais que, parmi ces formations, trois groupes principaux de roches occupent une place prépondérante, savoir : les

masses de roches cristallines primitives ; les schistes paléozoïques et les roches volcaniques ; tandis que le calcaire et le grès (sable), particulièrement dans les couches mésozoïques, existent en quantité extrêmement faible par rapport aux autres formations. La présence du charbon est fréquente ; des gisements de craie se rencontrent en plusieurs endroits et quelques naturalistes ont attribué au diluvium et à l'alluvium un très grand domaine.

Les roches cristallines primitives, qui forment la base des îles, sont constituées principalement par du granit, de la diallage, du gneiss, de la syénite et des roches de la même famille. Le granit forme, tantôt sur de vastes étendues, la roche prédominante et apparente ; tantôt il sert de base, de soubassement à de puissantes couches de schistes et de grès, et alors il n'apparaît à la surface que dans les vallées d'érosion, dans le lit pierreux des fleuves, dans les saillies des champs voisins de la côte, ou bien encore sur les crêtes montagneuses déchiquetées en forme de peignes. Il joue un rôle très important dans la constitution d'un grand nombre de montagnes de *Hondo*, surtout dans la moitié sud de cette île. Dans la province *Sétzu* et en haut de la presqu'île *Chingoku*, il forme le massif central, dont les produits de décomposition fournissent des sols bons et fertiles. C'est l'origine principale des sols des vallées productives de *Osaka*.

Sur les sols provenant des roches plutoniques, on n'a fait aucune espèce de recherches jusqu'ici. Il est cependant vraisemblable d'admettre : qu'il existe au Japon des sols formés par la décomposition des roches de cette formation, comme dans les autres pays ; que les propriétés chimiques et physiques de ces sols doivent présenter de très grandes différences selon leur structure et leur état de décomposition, et aussi que, dans des conditions favorables, cette décomposition peut fournir un sol fertile et riche.

Les schistes paléozoïques, dont la plupart renferment des filons exploités autrefois par les mineurs, forment deux chaînes montagneuses principales et plusieurs chaînes latérales. Les deux principales se trouvent dans la moitié sud du pays suivant une direction S.-O. — N.-E. et dans la moitié nord suivant une direction S.-S.-E. — N.-N.-E. : elles apparaissent donc comme deux chaînes parallèles

l'une au nord, l'autre au sud du pays. *J. Rein* les a désignées sous le nom de massifs schisteux méridional et septentrional.

Le massif schisteux méridional sort de la province *Satzuma* dans la direction nord, en traversant l'île *Kiushiu,* puis il se prolonge, au-dessus de *Bungonada,* vers l'île *Shikoku,* suit la direction longitudinale de cette île, traverse plus loin la presqu'île *Kii* et les provinces *Mikawa* et *Totoni* et vient aboutir dans la province *Shinano* à la mer de *Suwa,* où il s'enchaîne à la formation volcanique.

Le massif schisteux septentrional forme, dans la province *Rikuchiu* la digue entre le fleuve *Kitakamigawa* (64 kilom. de long) et l'Océan Pacifique.

La plupart de ces schistes sont riches en mica, en quartz et en talc, de sorte que la décomposition de la roche des massifs schisteux fournit une terre médiocre, formée en partie de sol décomposé et en partie de sable. Mais il faut remarquer que, selon sa nature, sa situation et les conditions dans lesquelles il se décompose, le schiste peut donner des sols de propriétés très différentes. Ainsi, par exemple, dans la région sud des schistes (province *Awa,* île *Shikoku*) on rencontre des terres extrêmement sèches, constituées les unes par des schistes siliceux, d'autres par un sable de mica, d'autres enfin par une argile très compacte ou de moyenne cohérence.

Ces sortes de sols, qui ont pour base des schistes renfermant de la silice, du talc et des éléments semblables et qui existent en grand nombre dans la montagne schisteuse du Japon et sur une étendue considérable sont de mauvaise qualité, bien que l'action malfaisante de leurs propriétés physiques soit compensée partiellement par le climat.

Les chiffres du produit de la récolte en riz, publiés par le ministre de l'intérieur en 1882, démontrent clairement le peu de fertilité des sols provenant du massif schisteux. Dans la province *Rikuchiu* (domaine du massif septentrional), la moyenne du produit en riz à l'hectare est de 17 hectolitres, tandis que pour la province voisine *Ugo,* dont les montagnes sont des roches cristallines primitives avec des voûtes volcaniques, ce même produit monte à 23 hectolitres.

Il en est de même pour le domaine du massif schisteux sud : ainsi dans la province *Awa* (île *Shikoku*) le produit moyen en riz est par

hectare de 20 hectolitres et dans les provinces voisines, où les massifs de roches plutoniques ont leur plus grand développement, par exemple dans la province *Sétzu,* on récolte 27 hectolitres à l'hectare. Les données précédentes montrent, en outre, l'influence du climat, d'une part, sur le massif schisteux nord et, d'autre part, sur le massif schisteux sud.

Les roches volcaniques dont les plus fréquentes sont le trachyte, la dolérite, la rhyolithe, l'andésite, le basalte, etc., constituent le troisième groupe principal de formation, et les tufs auxquels elles donnent naissance par leur décomposition, jouent un rôle important. Les roches volcaniques existent en plus ou moins grande quantité sans exception, dans toutes les parties du pays, et leurs masses recouvrent, en des places innombrables, les chaînes montagneuses mentionnées plus haut. Souvent elles comblent des vides entre ces chaînes et prédominent sur de longues étendues; souvent aussi elles ne forment que les plus hauts pics des plus anciennes montagnes. Par suite des éruptions volcaniques, plusieurs systèmes de montagnes ont été profondément bouleversés dans leur enchaînement, si bien que, par exemple, le lien entre les deux chaînes parallèles du massif schisteux nord, au centre de *Hondo,* est difficile à constater[1].

Les cendres et les sables volcaniques n'offrent pas une utilisation meilleure pour la culture que les sols provenant des schistes. Pourtant, ils se décomposent assez facilement et se recouvrent, en été, sous l'influence du climat humide, de diverses sortes de graminées, d'herbes et aussi de petits buissons. Mais la terre fine, résultant de la décomposition de la roche, est entièrement lavée par chaque grosse chute de pluie et conduite dans le sous-sol. Malgré cette croissance de graminées véritablement luxuriante, le sol a une valeur très faible, parce que la mise en culture ne fait que favoriser la disparition par lavage des éléments du sol. Des plantations d'arbres ne sont pas non plus possibles, car l'état poreux du sol, qui ne renferme pas une quantité d'humidité suffisante dans la saison sèche, ne permet pas à leurs racines de trouver un support convenable.

1. Rein, *Japan,* t. I, p. 33.

Le seul parti qu'il y aurait à tirer d'un pareil sol serait d'y faire des prairies pour l'élevage du bétail, à condition de le débarrasser préalablement des herbes sauvages, appelées graminées acides, comme les petites espèces de bambous, etc., et de semer à leur place des graines de bonnes plantes fourragères : de cette façon on serait en mesure de poursuivre sur une grande échelle l'élevage du bétail qui fait totalement défaut au Japon, et l'agriculture pourrait en retirer un grand profit.

Les tufs trachytiques et analogues, poreux et formés de cendres provenant des périodes tertiaire et diluvienne, tufs qui occupent au Japon une surface très étendue, sont un peu meilleurs pour l'exploitation agricole. Le sol qu'ils forment, quand la décomposition n'est pas allée trop loin, rappelle par ses propriétés physiques celles de l'argile, possède les qualités des sols demi-lourds et une faculté puissante de condenser l'eau dans ses pores. Mais lorsqu'il est complètement décomposé, il se transforme alors en un sol très rude et moins productif; il exige des fumures abondantes et s'il n'est pas suffisamment engraissé, il fournit de très mauvaises récoltes.

Un phénomène particulier à ces sols consiste en ce que, par un temps sec, et notamment en hiver et au printemps, la violence du vent émiette complètement les plus fines parties de la terre et les amoncelle en poussière légère dans les endroits abrités du vent. Plus d'un champ placé sur un monticule isolé subit de cette façon une perte assez considérable. Par un temps humide au contraire, la terre se colle si intimement aux instruments que le travail en est très difficile. Les couches profondes sont constituées par une masse durcie, riche en fer, et de couleur rouge-brun foncé; mais si on lui enlève son eau, cette masse se laisse facilement emporter par un vent violent, en nuages de poussière. L'existence de cette masse durcie dans le sous-sol permet d'avoir, dans les environs de *Tokio* par exemple, des puits dont la profondeur moyenne est supérieure à 7 mètres et dans lesquels les parois intérieures à un mètre à partir du fond ne portent aucun revêtement et sont uniquement formées par le sol lui-même : cependant, on n'a à redouter aucun écroulement de la terre.

Dans ces dernières années, toute une série de recherches, con-

cernant les propriétés chimiques du sol de la vallée de *Kuwanto*, ont été entreprises par plusieurs spécialistes. Je citerai, par exemple, les résultats obtenus dans l'analyse du sol de la ferme de *Komaba*, près *Tokio*, par O. Kellner[1].

	TERRE DU CHAMP SEC.		TERRE DU CHAMP DE RIZ.	
	Sol.	Sous-sol.	Sol.	Sous-sol.
Eau hygroscopique . . .	15.49	18.69	14.30	12.84
Perte au rouge	20.01	14.90	22.30	18.79
Humus	7.90	7.17	9.96	8.86
Azote.	0.80	0.60	0.489	0.799
Eau de combinaison . . .	11.31	7.13	11.85	9.13

L'action d'une dissolution froide d'acide chlorhydrique, d'un poids spécifique égal à 1,15, sur le sol séché à 100°, a extrait les matières suivantes :

	TERRE DU CHAMP SEC.		TERRE DU CHAMP DE RIZ.	
	Sol.	Sous-sol.	Sol.	Sous-sol.
Silice	0.31	0.29	0.82	0.79
Alumine	15.93	19.73	15.50	14.15
Sesquioxyde de fer[2] . . .	11.73	11.36	7.00	7.49
Chaux	0.60	0.66	0.75	0.70
Magnésie.	1.41	1.44	0.45	0.55
Potasse	0.29	0.18	0.10	0.17
Soude.	0.17	0.13	0.14	0.01
Acide phosphorique. . . .	0.19	0.18	0.37	0.35
— sulfurique.	0.11	0.12	0.18	»
Résidu insoluble.	30.74	34.09	25.31	24.21
Humus.	48.30	49.48	50.00	51.16
Eau de combinaison . . .	23.67	18.33	26.02	25.83
	102.71	101.90	101.33	101.20

Cette analyse a été faite par la méthode de Wolff, mais on a dosé en plus les quantités d'acide phosphorique qui étaient restées insolubles dans l'acide chlorhydrique et celles qui avaient englobé la silice en se séparant. Pour cela, Kellner a chauffé le tout avec de l'ammoniaque concentrée, il a laissé évaporer à sec la liqueur et lavé ensuite le résidu, arrosé d'acide nitrique, avec de l'eau bouillante

1. *Jahresbericht der Agriculturchemie. Neue Folge*, VII, 1884, p. 21.
2. Le protoxyde de fer FeO n'a pas été dosé séparément.

pour en extraire l'acide phosphorique. Il trouva de cette façon les nombres suivants :

1	2	3	4
P. 100.	P. 100.	P. 100.	P. 100.
0.07	0.094	0.074	0.064

La détermination de l'acide phosphorique dans 4, opérée par la méthode L. Grandeau, donna 0.326 p. 100, tandis que l'extraction par l'acide chlorhydrique ne fournit que 0.294 p. 100.

100 gr. de terre sèche absorbèrent :

	1	2	3	4
	Mg.	Mg.	Mg.	Mg.
Ammoniaque.	114	109	124	112
Acide phosphorique	621	683	704	632

La capacité de saturation fut trouvée par Ad. Mayer égale à :

	SOL.	SOUS-SOL.
	P. 100.	P. 100.
Pour la terre sèche.	47	49
Pour la terre à riz.	55	52

La caractéristique de ces sols de tuf est leur teneur considérable en eau combinée chimiquement, qui, d'après les autres données de l'analyse, ne peut exister que dans des zéolithes : il faut de plus remarquer leur teneur considérable en oxyde de fer et en alumine.

La divergence entre la composition du sol du champ de riz et celle du sol sec n'est pas importante ; parce que le premier de ces champs n'avait été livré à la culture que depuis peu. Mais la différence dans la teneur en fer est frappante. Dans le champ de riz qui est engraissé d'une fumure riche en substances organiques putréfiées et, de plus, recouvert d'eau pendant la plus grande partie de l'année, une réduction considérable de l'oxyde en oxydule s'opère et le carbonate qui alors prend naissance est, soit dissous, soit entraîné dans les profondeurs. Aussi, les eaux qui en découlent forment-elles une véritable boue riche en fer.

Comme terme de comparaison, on analysa encore un sol d'une région à riz très fertile et on trouva que ce sol était beaucoup plus difficilement décomposable, qu'il renfermait de faibles quantités d'acide phosphorique et de potasse ; mais qu'il était infiniment plus pauvre en oxydule de fer, ce qui doit vraisemblablement être la cause de sa fertilité.

En ce qui concerne l'analyse mécanique des sols de tuf, voici les résultats que j'ai obtenus d'après la méthode de l'Institut agricole de Dresden avec le cylindre laveur de Kühn, sur des échantillons d'une terre de tuf que j'avais fait prélever dans un champ de *Aayama*, dans *Tokio*.

	A		B	
	Sol.	Sous-sol.	Sol.	Sous-sol.
Sable fin jusqu'à $0^{mm},5$.	35.126	36.810	34.960	37.250
— grossier de $0^{mm},5$ à 1 mm. .	1.820	2.846	2.866	2.446
— — de 1 mm. à 2 mm. .	0.656	0.540	0.570	1.410
Gravier fin de 2 mm. à 3 mm . . .	0.300	0.116	0.194	0.160
Gravier grossier et pierres de plus de 3 mm.	»	»	»	»
Parties lévigables.	62.098	59.688	61.410	58.727
	100.000	100.000	100.000	100.000

Nous voyons, d'après ces nombres, que ce sol renferme plus de 58 p. 100 de parties très fines lévigables et la majeure partie du sable est formée de grains dont le diamètre est inférieur à $0^{mm},5$. C'est en raison de cette ténuité et de la teneur considérable en substances zéolithiques légères (qui correspond[1] à environ 85 p. 100) que se produit le phénomène mentionné plus haut, l'enlèvement de la poussière par le temps sec.

Le poids spécifique[2] de ces sols zéolithiques est très faible, ce qui s'explique par leur richesse en eau et en humus. Voici les nombres obtenus :

	SOL.	SOUS-SOL.
Pour le champ sec	1.668	1.709
Pour le champ de riz.	1.608	1.812

1. Liebscher, *Japan*, p. 36.
2. *Jahresbericht der Agriculturchemie. Neue Folge*, VII, 1884, p. 21.

Il est curieux de remarquer combien s'accroît l'humidité hygroscopique de la terre de tuf séchée à l'air, au fur et à mesure qu'on s'avance vers le sous-sol. Les chiffres suivants représentent la moyenne de quatre essais :

	MAXIMUM.	MINIMUM.	MOYENNE.
Sol.	14.80	13.83	14.30
Sous-sol.	28.23	23.27	25.11

D'après les recherches de Korschelt[1], la teneur en humidité se comporte suivant la profondeur, comme suit :

A (25 cm.).	B (25 à 50 cm.).	C (50 à 75 cm.).	D (75 à 100 cm.).	E (100 à 150 cm.).
P. 100.	P. 100.	P. 100.	P. 100.	P. 100.
12.877	15.829	17.909	20.167	22.075

La teneur en eau du sol séché à l'air augmente donc de 2,952, 2,080 et 2,258 de 25 en 25 centimètres, jusqu'à une profondeur d'un mètre. Ce phénomène est d'autant plus curieux que la quantité d'humidité est la plus grande là où la teneur en humus est la plus élevée.

II. — Le climat.

Le climat du Japon présente une grande diversité dans les différentes parties du pays : il n'est en aucune façon aussi égal et aussi doux qu'on le suppose fréquemment d'après la situation géographique et que cela arrive d'ordinaire pour les autres régions du domaine de la mousson. Pourtant il offre une certaine analogie avec celui des pays de l'Indo-Chine, régie également par les vents moussons.

La particularité du climat japonais est un été humide et orageux, avec prédominance de vent du S. et un hiver moyennement froid et clair, avec prédominance des vents secs du N. et du N.-O.

En hiver, à *Hakodate* ce sont les vents du N.-O. et de l'O. qui

1. Liebscher, *Japan*, p. 39.

soufflent le plus fréquemment ; à *Niigata* ceux du S.-S.-O. et du N.-O. ; à *Tokio* ceux du N. et du N.-E. et à *Nagasaki* ceux du N. et du N.-O.[1].

Les températures extrêmes de l'hiver et de l'été sont très éloignées : par exemple dans la zone méridionale (ville de *Nagasaki* à 32°,44′ de latitude N.) la température s'élève en été à 33° centigrades et tombe en hiver à 3° centigrades : moyenne annuelle 16°,1 ; dans la zone intermédiaire à *Tokio,* maximum 34°,2 et — 8°,4 en hiver : moyenne annuelle 13°,8 ; enfin, dans la zone N. (ville de *Hakodate*) 30° centigrades et — 15° centigrades, moyenne annuelle 8°,3 centigrades.

Toutes les montagnes du Japon sont couvertes d'une épaisse couche de neige en hiver, même dans les provinces du S. et aussi dans les pays de plaines, où croissent les palmiers sauvages et les cycadées.

L'été arrive dans presque toutes les parties du pays au mois d'avril. Ce n'est que dans les plaines du Sud, qui sont très avantageusement situées, que la saison d'été s'ouvre en mars. Ailleurs, il y a encore en mars des gelées nocturnes et de légères chutes de neige et la température est encore si basse, qu'aucune végétation n'est possible.

A la pointe sud du Japon, par exemple dans la province *Satzuma,* dans l'île *Kiushiu* (31° $^1/_2$ de latitude nord), on doit encore en avril protéger pendant la nuit les jeunes plants de tabac, au moyen de couvertures en paille, contre un fort refroidissement du sol. Dans la partie moyenne du Japon, dans la région de la capitale de *Tokio,* il arrive qu'à la fin d'avril, les jeunes pousses des arbrisseaux à thé deviennent entièrement noires par suite de l'arrivée subite de froids nocturnes, et la récolte principale se trouve alors presque totalement anéantie. La saison de passage entre l'hiver et l'été est de courte durée dans le Nord et se prolonge aux dépens de l'hiver de plus en plus, au fur et à mesure qu'on avance vers le Sud : cette période transitoire est la plus agréable de l'année dans ces pays du Sud, à cause de la pureté plus grande du ciel et surtout de l'air frais et

1. Rein, *Japan,* t. I, p. 130.

suffisamment doux qui la caractérisent. L'été est tout à fait passé, quand à la fin d'octobre les feuilles des arbres changent de couleur et, brisées par la rosée du matin, tombent lentement à terre.

L'hiver est long et dur dans la partie moyenne du pays : il dure cinq à six mois, et sept mois dans *Yezo;* mais il n'est pas très rigoureux; car, même à *Sapporo* (*Yezo*) sous 43°04′ de latitude nord, la température ne s'abaisse qu'exceptionnellement jusqu'à — 16° centigrades.

Cette longue durée de la saison froide restreint la période annuelle de végétation de la plupart des plantes dans *Yezo* à cinq mois, dans la partie moyenne du Japon à six mois, et dans le Sud, à sept mois.

Le développement de tous les végétaux forestiers, même celui des plantes à feuillage persistant, est lui-même interrompu.

Le vent de mousson qui, dans son chemin à partir des tropiques, s'est chargé, dans son passage sur les flots fortement échauffés du Grand Océan, d'une abondante quantité d'eau, a une action telle, que l'humidité relative de l'air est extrêmement élevée en général pendant la saison d'été, plus encore dans les provinces du Sud que dans la partie nord. Elle s'élève en moyenne dans la saison chaude à 82 p. 100, dans la saison froide à 71 p. 100, soit en moyenne annuelle à 76 p. 100. *Hokodate* (dans *Yezo*) semble faire exception à cette règle que la quantité d'humidité augmente dans les régions du Sud; car, en été, cette quantité se chiffre par 85.6 p. 100 et en hiver par 81 p. 100 (moyenne annuelle 82 p. 100[1]).

Il y a au Japon trois périodes de pluies qui durent chacune deux à quatre semaines et qui, en général, tombent en avril, juin et septembre. Les deux premières périodes arrivent cependant de plus en plus tard, au fur et à mesure qu'on s'avance vers le Nord : elles se confondent même dans Yezo avec la période des pluies automnales.

Dans l'intervalle de ces périodes, les pluies de durée sont rares, mais même par le temps le plus chaud, d'abondantes averses protègent le paysan contre le danger d'une sécheresse trop prolongée. Cette régularité annuelle des pluies a permis de réglementer toutes

1. Rein, *Japan*, t. I, p. 138.

les cultures d'une façon stable : les semailles de la plupart des récoltes d'été se font entre la première et la seconde période de pluies et lorsque la récolte estivale est faite, on sème les plantes d'hiver après la période des pluies d'automne et on les récolte un peu avant celles du printemps.

Comme le riz est une plante de marais et que sa croissance nécessite beaucoup d'eau, la deuxième période de pluie offre une grande importance pour cette culture, parce que souvent, dans cette période, la pluie tombe à torrents et rend ainsi possibles, surtout dans les contrées pauvres en eau, le travail du champ et la plantation des jeunes plants de riz.

Dans les plaines situées du côté de l'Océan Pacifique, les chutes de neige sont tout à fait insignifiantes. Dans le Sud, il neige de une à trois fois; dans le pays moyen, quatre à cinq fois de janvier à mars, rarement en décembre ; la couche de neige ne persiste sur le sol que pendant deux ou trois jours au plus. Mais, c'est tout différent de l'autre côté, sur les côtes de la mer du Japon : la neige y tombe très fréquemment, forme assez souvent une couche de plus de trois mètres dans les vallées et subsiste pendant tout l'hiver. Ainsi dans la province de *Echigo* (côte ouest), qui est cependant influencée par la chaleur du courant de *Kuroshio* et qui jouit d'une température très voisine de celle de *Tokio,* il y a en hiver une couche de neige qui atteint, même dans les vallées, plusieurs mètres de hauteur et dans les régions élevées, dépasse dix mètres. Voici l'explication de ce phénomène[1] : le vent du Nord, sec et froid, vient du continent en passant sur la mer du Japon, se mélange avec les couches d'air humide et chaud qui sont à la surface de l'eau, et ainsi chargé d'humidité, et ayant acquis une température élevée, il arrive au Japon dont la température est, à ce moment de l'année, bien inférieure à celle de la mer. Suivant la teneur de l'air en eau et le refroidissement, une séparation de la vapeur d'eau à l'état de neige se produit déjà dans la plaine, ou bien seulement quand le vent atteint la chaîne montagneuse de la frontière Est et subit un refroidissement dû à la rapidité de cette ascension.

1. Rein, *Japan,* t. I, p. 141.

Quand le vent a enfin atteint les cimes et redescend de l'autre côté, la température de l'air s'accroît avec son état de condensation ; il s'appauvrit de plus en plus en humidité relative et naturellement, il ne peut se former de nuages : c'est pourquoi il neige rarement avant janvier dans les vallées situées du côté du Grand Océan. En effet, une condensation de la vapeur sous forme de neige n'est possible que quand le pays et les mers voisines sont suffisamment refroidis.

Grâce au climat favorable, grâce surtout à l'abondante chute de pluie en été, la flore du Japon compte différentes plantes qui sont particulières à la zone tropicale : ces plantes peuvent s'acclimater au Japon, parce que les pluies tropicales qui tombent pendant la période de leur croissance réalisent une condition beaucoup plus importante pour leur développement que la chaleur qui se maintient aux tropiques pendant l'année entière.

Nous citerons le bambou qui, dans la partie moyenne du Japon, atteint en deux mois une hauteur de 20 mètres et dont la tige a jusqu'à $0^{m},12$ de diamètre ; le *Chamærops excelsa*, le *Cycas revoluta* et des plantes analogues, qui se rencontrent dans les provinces du Sud, qui se trouvent aussi souvent dans les jardins comme plantes ornementales, et qui prêtent au paysage un aspect semblable à celui des pays tropicaux.

Par la fréquence et l'intensité des pluies, le climat influe très favorablement sur l'agriculture : ainsi, le sol sableux, si aride et si léger, des dunes, sur les côtes de la mer, est si mobile qu'on doit le protéger contre l'enlèvement par le vent, au moyen de haies faites en tresses de bambous et de buissons espacés de trois à cinq mètres environ, placés perpendiculairement à la direction de la mousson. Malgré cela, on peut cultiver sur ces sols avec un succès réel différentes sortes de plantes agricoles comme le froment, des féveroles, des patates, etc., qui exigent pour leur croissance en Allemagne un sol lourd et compact. Le même phénomène s'observe sous le climat humide de l'Angleterre où le blé se contente d'un sol argilo-siliceux ; il semble, là aussi que, pour prospérer, il n'a pas besoin de croître sur un sol plus lourd et qu'il suffit pour son développement que le sol ne soit pas sec. Toutes les plantes agricoles

sont cultivées au Japon avec succès sur les sols sableux, parce que les propriétés défavorables de ces derniers (sécheresse et perméabilité trop grandes) sont combattues efficacement par la fréquence des pluies.

D'autre part, la ténacité trop grande et la force d'inertie des terres argileuses sont également atténuées; la formation de l'humus qui, grâce à la température élevée et à l'humidité du sol, progresse avec une rapidité extraordinaire, combat la ténacité du sol, de sorte qu'au moment du desséchement, la terre, au lieu d'être une masse crevassée et dure comme la pierre, se présente sous la forme d'une substance émiettable, facile à réduire en poussière, beaucoup meilleure que les sols argileux analogues de l'Allemagne.

Les deux moussons d'été et d'hiver revenant très régulièrement chaque année, et le premier de ces vents persistant jusqu'à ce qu'il soit supplanté par l'autre, il en résulte que le Japon se caractérise, comme les autres pays du domaine de la mousson, par une régularité de climat qu'on rencontre dans un bien petit nombre de régions situées sous la même latitude nord, et qui a pour conséquence l'uniformité dans le produit des récoltes. D'autre part, le climat du Japon offre à l'agriculture un grand avantage; car, à l'exception des provinces nord et des côtes ouest, où, comme nous l'avons dit plus haut, la neige persiste longtemps sous une épaisseur considérable, la douceur de l'hiver permet de ne pas interrompre les travaux de culture, ainsi que cela arrive en Allemagne. Aussi, la dépense de forces en travail dans chaque exploitation agricole, est-elle considérablement moindre que dans les pays où de longues périodes de froid resserrent dans des limites étroites le temps consacré aux travaux des champs.

En revanche, la fréquence d'un vent violent et de pluies torrentielles est une mauvaise condition pour l'agriculture japonaise.

Le reboisement des montagnes, que des coupes faites jusqu'ici d'une façon irréfléchie ont en partie dénudées, est une opération très difficile à cause de l'arrivée de ces violents courants de vent, qui soufflent toujours dans la même direction. Les terribles ouragans appelés *Taifune,* accompagnés régulièrement d'averses, pro-

duisent de très grands dommages, car souvent ils sont la cause d'inondations et de cascades, qui, non seulement transforment les cultures agricoles en une masse vaseuse uniforme et les détruisent entièrement, mais parfois aussi les torrents auxquels ils donnent naissance convertissent la surface et la base du sol en un lac profond, ce qui le ruine absolument. C'est ainsi qu'au courant du mois d'août 1884, la région sud du Japon, les îles *Kiushiu*, *Shikoku* et une partie de *Hondo*, ont été éprouvées par un ouragan très violent, comme on n'en avait pas vu depuis cinquante ans. Cet ouragan s'éleva d'abord dans la direction N.-S., puis plus tard prit la direction O.-E., en amenant de très fortes chutes de pluie et, après s'être déchaîné sans interruption pendant vingt-quatre heures sur le pays et avoir détruit beaucoup de maisons et d'arbres, laissa derrière lui un gigantesque torrent qui balaya un grand nombre des terrains situés sur les côtes et de petites îles avec leurs habitants.

Dans l'été de 1885, la presque totalité du pays, principalement les plaines fertiles du fleuve *Yodogawa*, entre *Kioto* et *Osaka*, furent ravagées par une inondation telle, que, de mémoire d'homme, il ne s'en était jamais produit. Pendant une semaine entière, la pluie s'abattit sans interruption par trombes sur cette province dont, au 27 juin, la majeure partie paraissait être un lac ondoyant au loin. Puis une violente tempête survint qui contribua à parfaire l'œuvre de ravage causée par l'inondation et les averses violentes qui continuaient à tomber : finalement, rien que dans cette vallée, trente-deux localités furent enlevées du sol et, avec elles, plusieurs milliers d'habitants. Les pertes en hommes et en biens qui ont résulté de cette inondation, sont presque incalculables. Pour la vallée d'Osaka seule, on estime le dommage à plus de dix millions de dollars.

Dans les sols de tuf, la formation excessive de l'humus a une influence préjudiciable à la culture : à l'intérieur de ces sols, il se produit un refroidissement très vif, si bien que sous une épaisseur d'environ 5 centimètres de terre fine, il se forme souvent des couches d'aiguilles de glace d'une longueur de 10 centimètres, qui soulèvent la terre fine superposée et aussi de petits cailloux. A l'ombre, ces cristaux ne fondent pas dans le jour et il arrive qu'après plusieurs nuits froides, on trouve 3 à 4 couches d'aiguilles superposées

alternativement entre des couches de terre légère entièrement congelée.

Ces aiguilles de glace soulèvent souvent les jeunes blés, en les poussant vers la surface, et les exposent ainsi aux dangers de l'hiver ; d'où résulte un dommage considérable causé aux récoltes.

Ce phénomène se constate aussi en Allemagne dans les sols très riches en humus, surtout dans les terrains tourbeux et marécageux, mais pas d'une façon aussi générale qu'au Japon dans les sols de tuf.

Le refroidissement caractéristique de ces derniers sols trouve son explication dans les faits suivants : la terre de tuf, à cause de la petitesse des grains isolés dont elle est formée et de sa richesse en humus, retient une très grande quantité d'eau ; de plus, en général, le sous-sol sur lequel elle repose consiste en un ciment impénétrable et enfin l'évaporation de l'humidité à la surface, par une température basse, est notablement retardée.

Liebscher attribue cette particularité à tous les sols du Japon ; mais, en réalité, elle est limitée aux sols de tuf. Les autres sols en sont exempts.

(*La suite dans un prochain fascicule.*)

DE

L'ABSORPTION DE L'IODE

PAR LES MATIÈRES AMYLACÉES

APPLICATION

AU DOSAGE DE CES MATIÈRES DANS LES PRODUITS AGRICOLES

Par M. Aimé GIRARD

PROFESSEUR AU CONSERVATOIRE DES ARTS ET MÉTIERS
ET A L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE.

I. En faisant succéder à l'action des divers réactifs (hypochlorite de chaux, diastase salivaire, etc.) l'action de l'iode pris à l'état de solution aqueuse, Payen, Nægeli, d'autres observateurs encore, ont depuis longtemps appris à reconnaître dans la constitution des matières amylacées deux produits différents au moins, produits auxquels on a successivement donné des noms divers, mais qu'aujourd'hui l'on s'accorde, en général, à désigner, l'un sous le nom de *granulose*, l'autre sous le nom d'*amylose*. Intimement pénétrés l'un par l'autre, ces deux produits donnent naissance, suivant les proportions diverses dans lesquelles ils sont mélangés, aux couches alternativement denses et légères dont la superposition impose aux grains de matière amylacée leur structure caractéristique.

Déjà, dans ces grains où l'amylose la retient, la granulose existe partiellement à l'état soluble ; au contact de réactifs faibles, en tous

cas, elle se modifie rapidement et acquiert une solubilité complète. C'est elle, mais c'est elle seule qui, sous l'influence de l'eau iodée, assume la coloration d'un bleu intense par laquelle l'iodure d'amidon se personnifie.

L'amylose, au contraire (cellulose de Nægeli), se montre absolument insoluble : l'eau iodée la colore faiblement, en lui communiquant une teinte rougeâtre. L'eau bouillante ne modifie pas son insolubilité : c'est elle qui, par suite des proportions plus ou moins grandes que chaque matière amylacée en contient, communique aux empois obtenus de ces matières une opacité plus ou moins grande. Les réactifs, cependant, sont loin d'être sans action sur l'amylose. Quelques-uns, comme les acides minéraux, la solubilisent aussi bien que la granulose, et les réactifs faibles enfin, qui suffisent à la solubilisation de celle-ci, gonflent l'amylose et, sans la dissoudre, lui communiquent la propriété d'absorber, elle aussi, l'iode en bleuissant.

A ces notions généralement admises aujourd'hui sur la constitution des matières amylacées, M. Bourquelot a, dans un intéressant mémoire récemment communiqué à l'Académie des Sciences, cherché à adjoindre des notions nouvelles, en démontrant que les hydrates de carbone qui interviennent à la composition du grain d'amidon sont probablement plus nombreux qu'on ne l'avait admis jusqu'ici.

Quoi qu'il en soit, d'ailleurs, ces considérations nouvelles laissent entier le fait matériel que l'analyse des matières amylacées a fait reconnaître à Payen, à Nægeli, etc., c'est-à-dire le fait de l'intervention, à la constitution de cette matière, de deux parties différentes, l'une qui, au contact des réactifs faibles, se solubilise aisément, l'autre qui, au contact des mêmes réactifs, se gonfle sans se dissoudre et acquiert alors vis-à-vis de l'iode une faculté d'absorption qu'elle ne possédait pas auparavant.

Partant de cette observation, Payen d'abord, M. Bondonneau ensuite, se sont attachés à reconnaître si, du fait de la coloration bleue que l'iode lui impose, la matière amylacée contracte avec ce réactif une combinaison réelle et en proportions définies. Mais, pour simplifier la question, c'est à l'amidon soluble seulement qu'ils se sont

adressés, et à cet amidon soluble, en effet, ils ont reconnu la propriété de se combiner avec l'iode en proportion constante. M. Bondonneau, dans un mémoire présenté à l'Académie des Sciences, a fixé à $0^{gr},157$ la proportion d'iode qu'absorbe 1 gr. d'amidon soluble.

En présence de ce fait important, dorénavant acquis à la science, et en réfléchissant, d'autre part, à ceci : qu'une fois gonflée par les réactifs qui solubilisent la granulose, l'amylose, elle aussi, se colore en bleu ; que, d'ailleurs, il est à l'absorption de l'iode par cette amylose gonflée une limite qu'on ne saurait dépasser, j'ai été conduit à penser que, de même qu'il existe pour les parties du grain de matière amylacée qui se solubilisent aisément un coefficient constant d'absorption, de même il pouvait exister pour les parties qui, dans les mêmes conditions ne font que se gonfler, un coefficient constant aussi, différent du premier et probablement plus faible.

De telle sorte que, l'expérience ayant appris depuis longtemps que la matière amylacée enfermée dans les divers milieux végétaux : tubercules, rhizomes, grains, etc., se présente toujours avec des caractères identiques, lorsqu'elle provient d'une même plante, avec des caractères différents lorsqu'elle provient de plantes différentes, il était permis de supposer qu'à toute matière amylacée convenablement traitée par les réactifs correspond un coefficient d'absorption pour l'iode, constant pour chaque espèce végétale, variable d'une espèce à l'autre, suivant la variation même des proportions de granulose et d'amylose contenues dans la matière amylacée provenant de chacune d'elles.

Pour reconnaître si cette hypothèse est exacte, j'ai, habilement secondé par mon préparateur particulier, M. Grondard, entrepris des essais nombreux dans le but de fixer les quantités d'iode absorbées par un poids donné des matières amylacées les plus usitées dans les arts.

Le principe d'après lequel ces essais ont été conduits a été le suivant : soumettre la matière amylacée à l'action d'un réactif approprié qui dissolve la granulose et gonfle l'amylose, ce réactif devant nécessairement être alcalin ; saturer largement par un acide le produit obtenu, de manière à assurer l'insolubilité de l'iodure d'amidon, et, sur le magma fourni par cette saturation, faire intervenir

une solution titrée d'iode, jusqu'à ce que le liquide au milieu duquel nage l'iodure d'amidon renferme un excès de ce réactif.

Les matières amylacées soumises à ces essais ont été, les unes prises dans le commerce, les autres préparées ou purifiées dans mon laboratoire.

Les essais ont été faits tantôt sur 2 gr., tantôt sur 4 gr. de matière amylacée, et celle-ci, après dessiccation d'une autre pesée, ramenée par le calcul à l'état anhydre.

Comme agents de solubilisation et de gonflement, j'ai employé tantôt de la soude faible à 2° B., tantôt de la liqueur de Schweitzer obtenue spécialement par le procédé de M. Peligot, c'est-à-dire en saturant le sulfate de cuivre par l'ammoniaque, jusqu'à apparition de précipité, précipitant ensuite largement par la soude, lavant soigneusement et redissolvant dans l'ammoniaque à 22°. L'emploi de la liqueur de Schweitzer préparée en faisant passer de l'ammoniaque sur du cuivre métallique au contact de l'air doit être absolument rejeté ; la présence des nitrites formés dans ce cas déterminerait, en effet, de graves erreurs dans le dosage. Employés à la dose de 50 centimètres cubes environ pour 4 gr. de matière, l'un et l'autre réactif amènent promptement la matière amylacée à un état de dilatation convenable.

Ce résultat étant obtenu, la liqueur a été sursaturée par l'acide acétique et essayée à la manière ordinaire, à l'aide d'une liqueur d'iode titrée, normale d'abord, puis décime.

Pour reconnaître le moment auquel a lieu la saturation de la matière amylacée partiellement dissoute et partiellement gonflée, j'ai eu recours à un artifice consistant à prélever de temps en temps, à l'aide d'une baguette, et vers la fin de l'opération, ainsi qu'on le fait dans maints procédés volumétriques, une goutte du liquide en cours d'essai pour la déposer sur un témoin sensible. Ce témoin, dans le cas actuel, n'est autre qu'une bande de papier empesé à la fécule et séché ; aussitôt que l'iode est en excès, la goutte ainsi déposée sur le papier y détermine une trace bleue.

Les résultats auxquels je suis parvenu en déterminant, par ce procédé, les quantités d'iode absorbées par diverses matières amylacées, sont inscrits dans le tableau suivant. Ces quantités correspondent à 1 gr. de matière amylacée anhydre.

Quantités d'iode absorbées par 1 gr. des matières amylacées suivantes.

					MOYENNES.
		Gr.	Gr.	Gr.	Gr.
Fécule de pomme de terre.	Choisy-le-Roi (1)	0,120	0,123	0,119	0,122
	— (2)	0,120	0,122	0,122	
	— (3)	0,120	0,122	»	
	— (4)	0,123	0,122	0,123	
	Châlon-sur-Saône	0,123	0,122	0,122	
	Oise	0,122	0,120	»	
	Vosges	0,122	0,122	0,121	
	Origine inconnue	0,123	0,123	0,123	
Amidon de blé	de Marseille		0,059	0,059	0,0590
	de Saint-Denis (moulins Gémeaux)		0,059	0,060	
	Purifié au laboratoire		0,059	0,059	
— de maïs.	Brown et Colson		0,052	0,052	0,0525
	Leconte-Dupont (purifié)		0,053	0,053	
— de riz.	Colman		0,045	0,045	0,0450
	Purifié au laboratoire		0,045	0,045	
Arrow-root.	Cochinchine (ministère de la Marine)		0,066	0,065	0,0665
	Groult		0,065	0,065	
Amidon d'orge.	Préparé au laboratoire		0,071	0,071	0,0710
— de seigle.	— —		0,070	0,069	0,0695
Fécule d'igname.	Préparée par Payen		0,098	0,098	0,0980
Amidon de marrons d'Inde (M. de Callias)			0,058	0,058	0,0580

L'examen des chiffres contenus dans ce tableau suffit à démontrer l'exactitude de l'hypothèse qui m'a conduit aux recherches précédentes. A chaque matière amylacée provenant d'une même espèce végétale appartient, lorsqu'elle a été convenablement traitée, un coefficient d'absorption pour l'iode personnel et constant,

D'une espèce végétale à une espèce différente, ce coefficient varie, et varie quelquefois dans de larges limites. C'est ainsi que le coefficient de l'amidon de riz n'est guère supérieur au tiers du coefficient de la fécule de pomme de terre.

La grandeur du coefficient semble, du reste, inversement proportionnelle à la translucidité des empois que les diverses matières amylacées fournissent, et comme c'est évidemment à la présence dans le grain amylacé d'une plus grande proportion d'amylose résistante qu'est due l'opacité de ces empois, on est en droit d'en conclure

que le coefficient d'absorption de l'amylose est moindre que le coefficient d'absorption de la granulose. La même conséquence découle encore de ce fait que le coefficient le plus élevé, celui de la fécule de pomme de terre ($0^{gr},122$ d'iode pour 1 gr. de matière), est inférieur au coefficient d'absorption ($0^{gr},157$) que M. Bondonneau a fixé pour l'amidon soluble.

II. Des faits établis dans le paragraphe précédent résulte aussitôt la possibilité de baser sur l'absorption de l'iode par les fécules et les amidons d'origine diverses des procédés pour l'analyse, non seulement de ces fécules et de ces amidons, mais encore des produits agricoles dans les tissus desquels la végétation les a développés. Ces procédés, il les faut naturellement varier dans une certaine mesure, suivant la nature des produits à essayer, mais c'est toujours d'après le principe que j'ai exposé plus haut qu'ils doivent être combinés.

J'indiquerai rapidement quelques-unes des applications que l'on peut faire de ce principe.

Analyse des fécules et des amidons. — Sur ce point, il est inutile que j'insiste et tous les chimistes comprennent comment, en suivant exactement la marche précédemment décrite pour déterminer le coefficient d'absorption de l'iode par les diverses matières amylacées, c'est chose aisée, après avoir pesé 4 gr., par exemple, de la fécule à essayer, que d'en établir la teneur en fécule réelle, en recouvrant ces 4 gr. d'une solution faible de potasse ou de liqueur de Schweitzer, laissant en repos pendant deux ou trois heures, sursaturant par l'acide acétique et essayant à l'aide d'une liqueur d'iode titrée jusqu'à ce qu'une goutte enlevée du liquide bleuisse un papier empesé sec.

Analyse des tubercules de la pomme de terre. — C'est surtout dans le but d'obtenir un procédé applicable à l'analyse de ces tubercules que les recherches qui précèdent ont été entreprises. La valeur des pommes de terre, en effet, lorsque celles-ci sont destinées aux travaux industriels, particulièrement aux travaux de la distillerie et de la féculerie, dépend expressément de leur richesse en fécule. La détermination de cette richesse cependant ne saurait, avec les procédés habituellement employés, être à la fois assez précise et assez rapide ; le procédé du râpage, auquel souvent encore on recourt aujourd'hui, entraîne des pertes considérables. Souvent il m'est arrivé d'examiner

des pulpes de féculerie, et d'y trouver jusqu'à 5 à 6 parties de fécule pour 100 de pulpe pressée et ne contenant plus que 70 à 75 p. 100 d'eau, ce qui, par rapport au poids des tubercules râpés, ne représente pas moins de 1.5 à 2 p. 100 de fécule ; plus exact, le procédé qui consiste dans la mesure de la densité des tubercules expose cependant encore à des erreurs qui souvent dépassent 1 p. 100. On en a vu récemment la preuve dans ce fait qu'à quelques années de distance les savants allemands qui ont dressé les tableaux de correspondance de la richesse et de la densité ont dû les modifier en abaissant ces richesses de près de 2 p. 100 de fécule par rapport au poids des tubercules. En somme, il n'est qu'un seul procédé qui possède une précision satisfaisante : c'est celui qui repose sur la saccharification de la fécule au moyen de la diastase. Mais ce procédé est long, et, par suite, il ne peut convenir à des essais courants.

C'est ainsi que, pour satisfaire aux exigences d'études que je poursuis depuis deux années déjà sur la culture de la pomme de terre industrielle, je me suis vu forcé de rechercher un procédé qui réunît les conditions de précision et de rapidité auxquelles je faisais tout à l'heure allusion. C'est en profitant de la constance du coefficient d'absorption de l'iode par la fécule de pomme de terre que je suis parvenu à trouver ce procédé.

Ainsi que l'ont établi les essais dont j'ai précédemment indiqué les résultats, c'est à $0^{gr},122$ que s'élèvent les quantités d'iode absorbées par 1 gr. de fécule anhydre, de telle sorte que, pour déterminer la richesse en fécule des tubercules de pommes de terre, la question se ramène à voir combien de fois un poids connu de ces tubercules absorbe $0^{gr},122$ d'iode, en tenant compte, en outre, bien entendu, des quantités d'iode que peuvent absorber les matières protéiques contenues dans ces mêmes tubercules.

Le procédé, que j'ai basé sur cette donnée, consiste à mettre un poids connu de tubercules râpés en contact d'abord avec une solution chlorhydrique faible qui, agissant sur les pectates de la pectose qui servent de ciment aux cellules, modifiant même légèrement la cellulose, rende celle-ci aisément soluble dans la liqueur ammonio-cuivrique, qu'il convient, dans ce cas, de préférer à la potasse. En

face d'un tissu organisé comme celui de la pomme de terre, en effet, c'est chose nécessaire que l'agent de dilatation aille, jusque dans les cellules qui ont résisté au râpage, atteindre les grains de fécule qui y sont enfermés. A l'action de la liqueur ammonio-cuivrique succèdent ensuite la sursaturation par l'acide acétique et enfin l'analyse volumétrique exécutée à l'aide d'une solution normale d'abord, décime ensuite, d'iode dans l'iodure de potassium.

J'indiquerai rapidement les conditions pratiques du procédé.

Échantillonnage. — L'expérience m'ayant démontré qu'en pratique on rencontre les conditions les meilleures pour cet essai, lorsqu'il a lieu sur 25 gr. de matière, je choisis dans le lot, et afin d'avoir un échantillon bien moyen, 2 kilogr. environ de tubercules. Sur chacun de ces tubercules je détache un fuseau qui en représente environ le $\frac{1}{5}$, et je passe à la râpe les 300 gr. à 400 gr. ainsi séparés ; en employant à cet effet le moulin-râpe que j'ai décrit dans mon Mémoire sur le développement de la betterave à sucre[1], on obtient une pâte d'une grande finesse et dont presque toutes les cellules sont ouvertes. De cette pâte, on pèse alors 25 gr. qu'on loge dans un flacon à l'émeri, à large ouverture, de 600 centimètres cubes à 700 centimètres cubes de capacité.

Acidulation. — Sur ces 25 gr. on verse 50 centimètres cubes d'acide chlorhydrique à $\frac{2}{1000}$ et on laisse digérer pendant deux ou trois heures.

Gonflement de la fécule. — Ainsi que je l'ai tout à l'heure indiqué, c'est la liqueur ammonio-cuivrique qu'il y faut employer. Sur le produit acidulé déjà logé dans le flacon, on en verse 100 centimètres cubes, et l'on abandonne au repos. Pour obtenir une dilatation convenable, il convient d'attendre quelques heures. On n'a pas à craindre, d'ailleurs, que l'effet de la liqueur cuivrique s'exagère.

En général, et lorsqu'on doit exécuter des essais nombreux, le mieux est de faire, dans l'après-midi, le râpage et les acidulations, de mettre en contact avec la liqueur ammonio-cuivrique vers la fin de la journée, et de laisser le contact se prolonger pendant la nuit. Le lendemain matin, on sursature largement par l'acide acétique, et

1. *Annales de l'Institut agronomique.*

l'on refroidit rapidement en plongeant le flacon dans l'eau courante. Lorsqu'il a été ramené à la température ordinaire, le mélange est prêt à essayer.

Titrage. — La liqueur normale d'iode peut, bien entendu, être faite à n'importe quel titre ; mais, afin de mettre immédiatement le résultat aux mains de l'opérateur, je préfère la préparer telle que, dans un volume de 10 centimètres cubes, elle contienne une quantité d'iode correspondant à $0^{gr},25$ de fécule, soit 1 p. 100, puisque le titrage a lieu sur 25 gr. C'est à quoi l'on arrive en dissolvant, dans 1 litre d'eau, $\frac{12^{gr},2}{4} = 3^{gr},05$ d'iode sublimé et sec, avec 4 gr. d'iodure de potassium. Étendue de neuf fois son volume d'eau, la solution précédente forme la liqueur décime dont 10 centimètres cubes correspondent à 0.1 p. 100 de fécule.

Pour exécuter plus rapidement le titrage, il est bon de faire d'abord, sur une première pesée de 25 gr., un essai préparatoire. La liqueur normale est ajoutée alors par lots de 50 centimètres cubes d'abord, puis de 10 centimètres cubes, et le flacon légèrement agité à chaque addition, jusqu'à ce qu'une dernière addition de 10 centimètres cubes donne un produit qui, sur le papier empesé, laisse une trace bleue. On connaît ainsi la teneur de la pomme de terre en fécule à 1 p. 100 près.

On reprend alors une autre pesée, on ajoute d'un coup la quantité de liqueur normale nécessaire pour approcher l'essai à 1 p. 100 en dessous, et l'on continue, à l'aide de la liqueur décime, jusqu'à ce que la saturation soit atteinte.

Une simple lecture du volume employé donne alors la teneur de la pomme de terre en fécule.

Au nombre fourni par cette lecture, il convient cependant de faire subir une légère correction. D'une part, en effet, vers la fin de l'opération, la liqueur décime, noyée dans 500 centimètres cubes de liquide environ, ne possède plus, vis-à-vis du papier empesé, la même énergie colorante, et, pour qu'elle puisse, dans ces conditions, imprimer sa trace, il est nécessaire d'en ajouter au liquide une certaine quantité en excès.

D'autre part, les tubercules de la pomme de terre renferment

toujours une proportion notable de matières protéiques qui, nécessairement, doivent, en se colorant en brun, donner lieu à une absorption d'iode appréciable. Heureusement cette proportion de matière protéique est sensiblement constante, ou du moins elle ne varie que de 1.5 à 2 p. 100 du poids des tubercules. La quantité d'iode absorbée par les matières de cette nature est d'ailleurs assez faible.

Je me suis soigneusement attaché à déterminer l'influence de ces deux causes d'erreur, et j'ai ainsi reconnu que, pour rendre apparent le pouvoir colorant de la liqueur décime sur le papier empesé, il fallait compter sur l'addition en excès au mélange mesurant 500 centimètres cubes à 600 centimètres cubes que le flacon renferme de 20 centimètres cubes à 25 centimètres de cette même liqueur décime. J'ai reconnu de même que, pour saturer les matières protéiques habituellement contenues dans les tubercules de la pomme de terre, une quantité de liqueur décime à peu près égale est nécessaire, et suffit [1], de telle sorte qu'au total la correction à faire est celle qui correspond à l'addition en excès de 50 centimètres cubes environ de liqueur décime, correction dont il est aisé de tenir compte en abaissant le titre trouvé de 0.5 de fécule p. 100 de tubercules soumis au titrage.

Analyse des grains et des farines de céréales. — Le procédé que je viens de décrire doit être notablement modifié lorsqu'on prétend en appliquer le principe à l'analyse des grains et des farines de céréales.

Là, en effet, l'iode est appelé à rencontrer des quantités considérables de matières protéiques, donnant lieu par conséquent à une consommation importante d'iode, et dont la proportion, variable dans d'assez larges limites, rendrait nécessairement, par suite de la variabilité même de cette consommation, les dosages inexacts.

Pour utiliser alors au dosage de l'amidon contenu dans les grains ou les farines le procédé qui repose sur le gonflement de cet amidon, au moyen de la liqueur ammonio-cuivrique, et sa détermination

1. La détermination des quantités d'iode absorbées par les matières protéiques a été faite en opérant, comme terme de comparaison, séparément sur l'albumine et le gluten traités par la liqueur ammonio-cuivrique.

à l'aide de solutions d'iode titrées, ce devient chose indispensable que d'éliminer au préalable le gluten auquel cet amidon est mélangé.

Pour le froment, dont le gluten se soude aisément sur lui-même, un simple travail mécanique y suffit ; pour les autres céréales (seigle, orge, maïs, etc.), il faut recourir à un agent capable de dissoudre la matière protéique, sans agir sur la matière amylacée. On peut employer, dans ce but, l'acide acétique ; mais l'emploi de l'ammoniaque, dont l'action est plus prompte et plus complète, est, à mon sens, préférable.

Quoi qu'il en soit, voici comment l'analyse doit être conduite. Les grains sont d'abord moulus aussi finement que possible, sans qu'il soit nécessaire de se préoccuper des débris d'enveloppes ou de germes dont la farine de l'amande se trouve alors mélangée.

C'est sur cette boulange brute que l'on opère, si l'on veut se rendre compte de la richesse d'un grain en matière amylacée ; si c'est une farine qui est soumise à l'analyse, aucun travail préparatoire n'est nécessaire.

De la boulange ou de la farine, on pèse alors 5 gr., par exemple.

Lorsque l'une ou l'autre proviennent du froment, on mouille ces 5 gr. d'une quantité d'eau convenable, et l'on en fait un pâton épais. Après vingt minutes de repos, on malaxe ce pâton sous un mince filet d'eau et, à travers un tamis n° 100, on laisse écouler le lait amylacé que le malaxage fournit. Sur ce tamis restent alors tous les débris de l'enveloppe et du germe, tandis qu'entre ses doigts l'opérateur retient le gluten élastique.

L'eau amylacée, presque pure, s'étant ainsi écoulée seule à travers le tamis, on laisse déposer, on décante le liquide clair surnageant le dépôt et l'on recouvre l'amidon humide de la liqueur ammonio-cuivrique, pour ensuite aciduler le magma et procéder enfin au titrage, à l'aide de solutions normale et décime d'iode dans l'iodure de potassium. A partir du moment, en un mot, où l'amidon est isolé, le procédé devient identique à celui que j'ai tout à l'heure indiqué pour l'analyse des tubercules de la pomme de terre ; et il suffit d'appliquer aux résultats obtenus le coefficient d'absorption propre à l'amidon de froment ($0^{gr},059$ d'iode pour 1 gr. d'amidon).

Lorsque la boulange ou la farine proviennent d'un grain autre

que le froment (seigle, orge, riz, etc.), c'est-à-dire d'un grain dont dont le gluten ne peut se souder sur lui-même, c'est à la dissolution de ce gluten qu'il faut recourir.

La prise d'essai (5 gr. par exemple) est déposée dans une capsule de verre, soigneusement délayée dans 50 centimètres cubes d'eau environ, et là, recouverte d'une égale quantité d'ammoniaque à 22°. Le mélange est agité doucement, en évitant tout broyage qui, déchirant les grains amylacés, laisserait échapper une partie de l'amidon à l'état soluble. Au bout d'une heure ou deux de contact, la dissolution du gluten étant complète, le mélange est jeté d'abord sur un tamis n° 100 qui retient les débris d'enveloppe et de germe, puis sur un filtre à travers lequel s'échappe la solution ammoniacale de gluten. La filtration est lente, et, pour l'activer, il est bon de recourir à l'emploi de la trompe. Lavée enfin sur le filtre même, la matière amylacée en est détachée à l'aide de la pissette et logée dans un flacon où successivement, et comme pour les analyses précédentes, on la soumet à l'action de la liqueur ammonio-cuivrique, de l'acide acétique et des liqueurs d'iode titrées.

L'application à chaque matière amylacée du coefficient d'absorption qui lui est propre permet alors d'en déterminer aisément la proportion dans le produit soumis à l'analyse.

LE

TABAC MEXICAIN

SON PRÉSENT ET SON AVENIR

RAPPORT

Adressé à M. G. de COUTOULY

MINISTRE DE FRANCE A MEXICO

Par Louis LEJEUNE

A Monsieur le Général Cárlos Pacheco, Ministre des Travaux Publics.

MONSIEUR LE MINISTRE ET AMI TRÈS HONORÉ,

Un Français d'une haute distinction qui habite Mexico depuis quelque temps et qui étudie avec un vif intérêt les conditions de votre pays, mon honorable ami, M. Louis Lejeune, que vous connaissez, m'a récemment adressé sur ma demande un très remarquable mémoire, concernant les essais de culture de tabac de fine qualité qui ont donné cette année de si beaux résultats dans la fertile vallée de Santa Rosa, affluent du Papaloapam. Ainsi que j'ai eu plus d'une fois l'honneur de vous le dire, je suis depuis longtemps persuadé qu'un des principaux éléments du progrès de votre pays, sera le développement de la culture du tabac. Quand j'ai appris qu'un des meilleurs ingénieurs de la Régie française, M. Eug. Schnetz, qui a été pendant bien des années au service de cette administration dans l'île de Cuba, s'était associé avec M. Daniel Lévy et le colonel Cid y Leon, pour introduire au Mexique les meilleures espèces havanaises et pour appliquer, non seulement à leur culture, mais aussi à leur préparation après la récolte, les procédés en usage dans la « Vuelta-Abajo », mon attention s'est tout de suite portée sur l'entreprise de ces Messieurs.

Un des principaux chefs de l'administration française des tabacs m'avait dit, l'année dernière, que M. Schnetz était de tous nos ingénieurs celui qui connaît le mieux la culture et le « bénéfice » de ce produit, et j'étais pour cette raison certain que les résultats de ses efforts ne pourraient pas être insignifiants. Aussi ai-je appris avec plaisir, mais sans surprise, que la première récolte préparée par lui à Santa Rosa était vraiment admirable. Toutefois, je n'ai pas voulu me contenter de renseignements vagues sur ce fait si intéressant. Profitant d'une offre gracieuse de M. Lejeune, je lui ai demandé un rapport complet et consciencieux, et il s'est mis à l'étude avec un zèle dont je ne puis que lui être reconnaissant. Après avoir fait un voyage à Cuba et un séjour à Santa Rosa, il m'a remis un travail excellent, dont j'ai immédiatement envoyé une copie au gouvernement français, qui sans doute lui donnera une publicité efficace dont votre pays profitera, je l'espère. Je me permets aujourd'hui de vous en offrir une autre copie, certain que vous en prendrez connaissance avec un vif intérêt. C'est un don personnel que j'entends vous faire, mais il est bien entendu que si vous désirez donner de la publicité au beau travail de M. Lejeune, afin d'encourager une entreprise qui peut servir d'exemple fécond, je n'aurais aucune objection à faire valoir. Loin de là, vous ne pourriez, en prenant ce parti, que flatter votre très fidèle serviteur et ami.

GUSTAVE DE COUTOULY.

A M. Gustave de Coutouly, ministre de la République française à Mexico

Mexico, 15 avril 1885.

Monsieur le Ministre,

Vous avez bien voulu me demander un rapport sur les tabacs mexicains.

J'ai fait, en novembre dernier, une excursion dans la *Vuelta-Abajo* de Cuba, et j'ai pu comparer les procédés de culture de cette terre classique du tabac aux procédés mexicains et les résultats qu'on y obtient aux résultats qu'on a obtenus jusqu'à présent au Mexique.

Je parlerai souvent de Cuba dans mon rapport. Je crois en effet que pour faire connaître les modes de culture et de traitement du tabac au Mexique, les prix de revient et de vente, la qualité des terrains, etc., il faut prendre des termes de comparaison, et je n'en puis trouver de meilleurs qu'à Cuba, dont le sol et le climat ressemblent beaucoup au sol et au climat du Mexique. De plus, certains terrains, au Mexique, sont semblables à ceux de la *Vuelta-Abajo*. Les analyses chimiques faites par M. Eugène Schnetz, ingénieur du gouvernement français, ont prouvé que dans les États de Vera-Cruz et de Oajaca, particulièrement dans l'isthme de Tehuantepec et sur les rives de plusieurs affluents du Papaloapam, il existe des terrains d'alluvion pareils à ceux de *Sumidero*, de *Luis Lazo*, de *San Luis*, de *San Juan y Martinez*, c'est-à-dire des plus grands crus de tabac du monde.

On connaît l'éther qui détermine le bouquet du vin, et l'on sait que pour produire du *Château-Margaux*, par exemple, il faut planter certains cépages dans un certain terroir du Médoc. Par analogie,

on a cru longtemps que l'arome du tabac cubain était produit par une substance particulière qui ne se trouvait que dans le sol de la *Vuelta-Abajo*. On se trompait. On a fait de nombreuses analyses de ce sol et l'on sait aujourd'hui que cette substance particulière n'y existe pas; que, pour produire l'arome havanais[1], pour faire des cigares semblables à ceux de la Havane, il suffit de *cultiver le tabac de l'espèce havanaise sous un climat analogue à celui de Cuba et dans un sol pareil à celui de la Vuelta-Abajo de Cuba, et de lui faire subir certaines fermentations par les procédés cubains.*

De ces quatre conditions de succès, le choix du sol est la plus importante. Les terrains qui contiennent, — comme les meilleurs terrains de la *Vuelta-Abajo*, — 90 p. 100 de sable, 6 ou 7 p. 100 d'argile, 2 ou 2 1/2 p. 100 d'humus végétal et un peu de sel de potasse, produisent des tabacs fins et parfumés.

Dans les terrains où la proportion d'argile s'élève à 10 p. 100 ou plus, comme dans les *Partidos*[2], le tabac est plus fort, c'est-à-dire qu'il contient plus de nicotine[3], mais il n'a pas de qualité[4].

Dans les terrains tout à fait argileux, comme le sont ceux de la partie de l'île de Cuba située à l'ouest de la Havane et connue sous le nom de *Vuelta-Arriba*, le tabac est mauvais.

Un terrain suffisamment siliceux, mais privé de sels de potasse, produit un tabac qui peut être aromatique, mais qui se fume mal[5].

De ces observations il ressort que tel pays, Cuba par exemple, n'a

---

1. L'arome du tabac est produit probablement par un alcali végétal. Cet alcali et le principe gommeux qui contribue à l'élasticité de la feuille sont aussi abondants dans les bons tabacs mexicains que dans les bons tabacs cubains.

2. Les *Partidos*, dont les tabacs s'exportent presque tous aux États-Unis, sont situés entre la ville de la Havane et la *Vuelta-Abajo*.

3. Il ne faut pas confondre le degré de nicotine avec la quantité d'arome. Le tabac de Cuba contient 6, 7 et jusqu'à 8 p. 100 de nicotine. Le tabac mexicain en contient 6 et 7 p. 100. Or, un bon cigare ne doit pas en conserver plus de 2 p. 100 (2 1/2 p. 100, il est destiné aux Américains qui tiennent plus à la force qu'à l'arome) : l'excédent de nicotine dont il faut débarrasser le tabac disparaît dans les fermentations.

4. On entend par *qualité* à Cuba un ensemble de qualités : élasticité et lustre de la feuille de tabac quand elle est sèche, finesse et persistance de l'arome, etc.

5. En France, on donne ces sels aux sols qui en manquent au moyen d'engrais artificiels achetés dans les mines de Saxe. Il est évident qu'un bon terrain doit les contenir naturellement.

pas le monopole du tabac, jusqu'à présent exceptionnel, qu'on désigne sous le nom de tabac de la Havane. D'autres contrées sont appelées par la nature de leur sol et de leur climat à produire ce tabac, et c'est fort heureux, puisque la plus grande partie de la *Vuelta-Abajo*, épuisée par 30 années de culture ininterrompue et intensive, ne peut plus donner que des demi-récoltes [1].

On se rendra compte par le tableau suivant de l'inégalité de la production du tabac dans la *Vuelta-Abajo*.

Production de la Vuelta-Abajo, de 1876 à 1880 [2].

ANNÉES.	QUINTAUX.	PRIX moyens.	VALEUR TOTALE.	TAUX P. 100 annuel par rapport au produit total de la vente en 5 ans.
1876.	67,000	$ 27,50	$ 1182,500	5
1877.	258,000	44	11352,000	31
1878.	260,000	25	6500,000	17
1879.	278,000	52	14456,000	39
1880.	60,000	50	3000,000	8
	923,000.	$ 40,25	$ 37150,000	100

Sur les quatre dernières récoltes (1880-1884), trois ont été très mauvaises : la quantité et la qualité ont également fait défaut. On n'obtiendrait même plus de demi-récoltes dans la *Vuelta-Abajo* sans le guano dont on emploie 25, 35 et jusqu'à 50 kilogr. par mille pieds de tabac. La tonne de guano revient, dans le pays, à 375 fr., et cet

1. Les habitants de la *Vuelta-Abajo* émigrent ou se préparent à émigrer. Les lourdes charges qui leur sont imposées et la mauvaise administration de l'île aggravent encore leur situation. Si l'on compare les budgets aux chiffres des populations, on trouve qu'un Mexicain paie par an 16 fr. d'impôts, un Français, 89 fr. et un Cubain 115 fr. De plus, le système de grande propriété et de métayage qui est de tradition à Cuba décourage le *veguero* (petit cultivateur de tabac) en lui ôtant tout espoir de devenir un jour propriétaire. Toute la vallée de Sumidero, où plus de quinze cents personnes vivent de la culture du tabac, appartient à un seul homme, à D. Antonio Hernandez ; la vallée de Luz Lazo appartient à D. Sabino Alvarez.

2. D'après le journal *El Tabaco*, publié à la Havane, numéro du 30 janvier 1881.

engrais si cher est dangereux : il produit des nitrifications que MM. Schlœsing, directeur de l'École des tabacs, à Paris, et Boussingault ont étudiées ; il détermine la transformation d'une partie des matières organiques en sels insolubles qu'entraînent les eaux de pluie. La couche végétale si mince qui recouvre la *Vuelta-Abajo* a été ainsi dépouillée de l'humus qu'elle contenait ; elle devient blanche et aride, et les *vegueros* se plaignent de sécheresses « de plus en plus fréquentes et longues », disent-ils. Ce n'est pas le climat qui devient mauvais, c'est le sol qui devient pauvre et auquel il faudrait plus d'eau qu'autrefois. Certaines *vegas*[1], célèbres il y a quinze ou vingt ans, *Rio Hondo,* par exemple, *La Leña, Los Mangos, Paso Viejo,* et bien d'autres ont dû être abandonnées. Chaque année, on en abandonne d'autres.

La cherté du guano et l'épuisement du sol qu'il cause ne sont pas ses seuls inconvénients : cet engrais communique au tabac un goût alcalin très désagréable, sensible surtout dans la seconde moitié d'un cigare qu'on fume. Il faudrait n'employer le guano qu'en petite quantité et se servir surtout de composts et de fumier de ferme. Malheureusement, les bestiaux sont peu nombreux dans la *Vuelta-Abajo,* et ils vivent dans les champs : le fumier ne peut se recueillir.

A mesure que leur qualité et leur quantité diminuent, la demande de tabacs havanais augmente. Le public, à Paris, à Londres, à Berlin, à New-York, en Russie, dans l'Amérique du Sud, veut des cigares de la Havane faits avec du tabac de la *Vuelta-Abajo.* Il en veut chaque année davantage parce que les communications sont de plus en plus faciles et que les fortunes sont de plus en plus nombreuses. Comment satisfaire ces demandes ?

Un seul pays, les États-Unis, importe plus de 70,000 quintaux de tabacs en feuilles, sortis de l'île, et notre tableau nous apprend que, deux années sur cinq, la production totale de la *Vuelta-Abajo* n'a pas atteint ce chiffre.

Il est évident qu'il y a fraude, qu'on introduit à Cuba chaque année une quantité considérable de tabacs étrangers afin de les vendre comme tabacs du cru.

1. Une *vega* est une plantation de tabacs.

Personne, à la Havane, n'ignore ces fraudes. Personne n'ignore qu'on y importe librement le médiocre tabac de Puerto-Rico, l'autre île espagnole, afin de le réexporter comme tabac cubain. Personne n'ignore qu'on vend, dans les entrepôts de la Havane, comme tabac de la *Vuelta-Abajo,* le tabac âcre et sans qualité de la *Vuelta-Arriba.* Personne n'ignore qu'on introduit chaque année à la Havane, pour y être vendus comme havanais ou pour y être mélangés aux tabacs havanais, beaucoup de tabacs mexicains. Exemple : Une personne établie au Mexique cultive du tabac dans l'État de Oajaca à l'aide de fonds mis à sa disposition. Eh bien, elle paie les intérêts et l'amortissement de ces fonds en tabacs mexicains de l'État de Oajaca, soigneusement emballés dans des *yaguas*[1] afin d'imiter les *tercios*[2] cubains.

Voici comment se fait cette ingénieuse contrebande : M. X. expédie ses balles mexicaines, munies d'un connaissement sur l'Europe ou sur New-York, mais il a soin de les embarquer sur une goélette qui ne va que jusqu'à la Havane. On débarque ces balles à la Havane, on les y met en transit, on les munit d'un nouveau connaissement sur l'Europe ou sur New-York, celui-là daté de la Havane, on les réembarque, et le tour est joué. Avec ce nouvel extrait de naissance, le tabac mexicain fera son chemin dans le monde et l'on savourera partout son arome havanais.

On fait mieux : Un industriel de New-York, que je pourrais nommer, a gagné 400 000 dollars en deux ans en introduisant à la Havane des balles de tabac de Pensylvanie. Il emballait son tabac dans des *yaguas,* importées de Cuba, et il l'expédiait dans un des ports francs des Petites-Antilles, à Saint-Thomas, où il l'envoyait chercher par un navire parti de Puerto-Rico sur lest, mais dûment muni d'une expédition de douane certifiant qu'il allait à la Havane avec un chargement de tabas *puerto-riqueños.* On sait que ces pièces de complaisance s'obtiennent à bon marché dans les colonies espagnoles. Le tabac pensylvanien entrait franc de droits à Cuba comme tabac de Puerto-Rico. On l'expédiait à Manicaraguay, dans la *Vuelta-Ar-*

1. La *yagua* est un lambeau d'écorce qui se détache chaque mois de la hampe du *palma real* qu'on appelle *yagual* au Mexique.

2. Le *tercio* cubain est une balle de tabac dont le poids moyen est de 50 kilogr.

riba[1] et on l'y vendait à des Américains qui l'expédiaient à New-York et l'y vendaient comme tabac de la *Vuelta-Abajo*.

La chose s'est ébruitée : les journaux américains spéciaux ont fait une enquête ; mais les contrebandiers ont des ressources inépuisables et beaucoup d'imagination.

N'est-il pas temps de faire connaître en Europe le déplorable état du marché havanais?

Qui trompe-t-on à la Havane? Tout le monde. Nous venons de voir comment on vendait fort cher aux Américains leurs propres tabacs. On trompe souvent les Allemands qui visitent pourtant les *vegas* à l'époque de la récolte et qui passent pour déployer beaucoup d'activité et d'intelligence dans leurs achats. Mais les victimes les plus habituelles des fraudeurs cubains, leurs clients les plus naïfs ou les plus résignés, tout le monde les nomme à la Havane, — ce sont les Français.

Je me résume : le marché des tabacs à la Havane est devenu mauvais :

1° Parce que le sol de la *Vuelta-Abajo* est épuisé ;

2° Parce que les cultivateurs ont abusé du guano ;

3° Parce que l'importation des tabacs étrangers et leur vente sous le nom des tabacs cubains sont devenues un procédé commercial habituel du pays.

On va à la Havane acheter fort cher les tabacs de Puerto-Rico et des autres Antilles, tabacs âcres et sans qualité, et ceux du Mexique qui sont tantôt bons, tantôt mauvais, selon le lieu de leur provenance et les soins qui leur ont été donnés.

Les cultivateurs mexicains doivent-ils continuer à déguiser leurs meilleures *capes* en capes cubaines et chercher à les vendre à la Havane, ou doivent-ils plutôt s'efforcer de rendre leurs tabacs réguliers et *marchands* et de les faire connaître sous leur vrai nom aux États-Unis et en Europe?

1. La *Vuelta-Arriba*, dont le sol est argileux, produit un tabac médiocre qui ressemble au tabac de Puerto-Rico. On s'explique pourquoi les acheteurs cubains du tabac de Pensylvanie, trompés eux-mêmes et croyant vendre du Puerto-Rico aux Américains, le déguisaient en tabac de la *Vuelta-Arriba*, n'osant le donner pour du tabac de la *Vuelta-Abajo*.

La réponse n'est pas douteuse.

Le Mexique est la terre normale du tabac. On y trouve en beaucoup d'endroits, à l'état spontané, plusieurs espèces de cette plante [1].

Les Indiens, avant la conquête, cultivaient le tabac sur beaucoup de points du pays ; mais les Espagnols, afin de faciliter la surveillance des agents du fisc, en interdirent la culture hors des vallées des *Tres Villas*, c'est-à-dire d'Orizaba, de Cordova et de Jalapa. Or, le sol de ces vallées, qui est argileux, ne vaut rien pour le tabac. Autant eût valu supprimer à Cuba les plantations de la *Vuelta-Abajo* et n'autoriser que celles de la *Vuelta-Arriba*. Aujourd'hui, par tradition sans doute, on cultive encore du tabac dans les vallées des *Tres Villas*. La plante y est chétive et ses feuilles ont un goût détestable. Elles valent pourtant dans le pays $3[2] à $4 l'arrobe [3] (1 fr. 06 à 1 fr. 48 le kilogr.), et quelques fabricants de cigares les emploient comme *tripe*.

Après la guerre de l'indépendance, on a cherché des terrains mieux appropriés à la culture du tabac. On a cru les trouver dans le district de Tlapacoyan (État de Vera-Cruz), au nord de Cordova, et, de fait, on y obtient de larges feuilles dont beaucoup peuvent se vendre comme *capes* [4] ; mais le brillant et l'arome de ces feuilles disparaissent au bout de quelques jours ; le cigare de Tlapacoyan devient très vite terne et pailleux.

Quelques veines de terrain, dans cette région, pourraient donner de meilleurs résultats. A la colonie française de Jicaltepec, où le tabac est mauvais, il serait possible de le rendre, sinon bon, du moins exportable, mais la nature du sol et l'exposition aux vents du Nord y sont des obstacles insurmontables à la création d'une bonne marque.

C'est au sud de l'État de Vera-Cruz et à l'est de l'État de Oajaca qu'il faut chercher les vrais terrains à tabac du Mexique. Depuis un

---

1. Entres autres la *Nicotiana pusilla* (tabac nain), la *Nicotiana tenella* (tabac tendre), la *Nicotiana rustica*, la *Nicotiana crispa*, etc., etc. Voir l'ouvrage de de Candolle : *Origines des plantes cultivées*.

2. La piastre mexicaine vaut environ 4 fr. 40 c.

3. L'arrobe est de 25 livres.

4. La *cape* est l'enveloppe du cigare dont la *tripe* forme l'intérieur. Les feuilles de capes se vendent quatre ou cinq fois plus cher que les feuilles de tripes.

demi-siècle, les crus de San-Andrès-Tuxtla et d'Acayucan[1] sont les plus renommés de la République. Leur sol, semblable à celui de la *Vuelta-Abajo*, a produit longtemps du tabac auquel il ne manquait pour égaler le *havane* que les soins de culture et de manipulation. Mais, à Acayucan, la couche de terre végétale n'a pas plus d'un pied d'épaisseur ; elle s'est épuisée comme celle de la *Vuelta-Abajo*. Près d'Acayucan, à Jaltipan, à Chinameca, on peut encore obtenir de bons résultats. En voici une preuve :

Un Français, M. F., avait été chargé, l'an dernier, par un fabricant de cigares de Vera-Cruz, M. R., d'acheter des tabacs dans le district d'Acayucan. Il en acheta pour la somme de 70,000 fr., payable en traites, mais M. R. ayant refusé d'accepter ces traites, M. F. s'entendit avec une banque, vendit les plus belles capes du lot à la Havane et expédia le reste en France où la régie lui en donna 170,000 fr.

Le tabac mexicain peut donc faire son chemin en France comme il le fait déjà si bien à Cuba et en Allemagne.

A San-Andrès-Tuxtla, on a usé les bonnes veines de terre à tabac, comme à Acuayucan, commé dans la *Vuelta-Abajo*. Puis, on a voulu profiter de la réputation acquise par le terroir et on a mis en culture les terres argileuses voisines. La qualité a disparu et la réputation de San-Andrès s'est évanouie.

D'ailleurs, San-Andrès, situé près de la côte du Golfe, est exposé aux vents du Nord qui dessèchent cette région pendant l'hiver, c'est-à-dire pendant la saison où l'on cultive le tabac au Mexique. La petite Sierra de San-Martin ne protège que très imparfaitement la vallée ; le *Nord* brise les feuilles et renverse les pieds de tabac élevés ; aussi a-t-il fallu renoncer à y planter le tabac de l'espèce havanaise qui a la forme d'un arbuste et dont les plus belles feuilles sont celles du sommet. On a dû adopter le tabac de Tabasco, qui a la forme d'un aloès, c'est-à-dire dont les plus grandes feuilles sont les plus

1. On se souvient qu'il y eut, en 1828, une tentative de colonisation française dans l'isthme de Tehuantepec. Brissot, le fils du célèbre conventionnel, a écrit le récit de cette tentative qui fut malheureuse. Il parle des tabacs d'Acayucan.

Lucien Biart, l'auteur de la *Terre chaude*, qui a parcouru la vallée du Papaloapam vers 1855, fait l'éloge des cigares de San-Andrès-Tuxtla, déjà connus à cette époque, et depuis longtemps.

basses. Or, les feuilles basses ne peuvent fournir que de la *tripe*, parce qu'elles sont plus exposées que les autres à l'humidité du sol et aux limaces, parce qu'elles manquent d'air et aussi parce que la force et l'arome fournis par la plante montant et se portant au sommet, les feuilles les plus fortes et les plus aromatiques sont toujours les plus hautes, celles de la *couronne*. Le tabac de Tabasco, dont les bonnes feuilles sont les plus petites, est donc une mauvaise espèce.

Le *Nord*, qui oblige les cultivateurs de San-Andrès à adopter cette espèce, cesse de souffler en mars, à la fin de la récolte, mais les vents du Sud s'élèvent alors, très violemment quelquefois, et nuisent à la dessiccation des tabacs qui doit se faire par un temps calme.

Malgré les inconvénients de la situation de San-Andrès-Tuxtla[1] et la faible quantité de bonnes terres à tabacs que possède ce district, c'est, jusqu'à cette année, le seul point au Mexique où l'on ait produit du tabac réellement *marchand*[2], parce que c'est le seul point où l'on ait traité le tabac mexicain par les procédés cubains. Des Cubains s'y sont établis, il y a quelques années, et y ont apporté les traditions de culture et de manipulation de leur pays. Aujourd'hui, ces colons songent à s'éloigner de la côte et à chercher des terres mieux situées et plus neuves. Quelques-uns se dirigent vers le district de Tuxtepec, sur le haut Papaloapam.

D. Ramon Balsa a été, en 1882, le pionnier du tabac dans cette région.

Venu fort jeune d'Espagne à Cuba, puis à San-Andrès-Tuxtla, où il a été ouvrier classeur de cigares, M. Balsa, aidé par un oncle riche, installa à Vera-Cruz, il y a quelques années, une fabrique de cigares, *La Prueba*. Parcourant la sierra d'Oajaca pour y acheter quelques balles de tabac aux Indiens, il reconnut la beauté, l'élasticité et l'arome des feuilles du tabac indigène que les gens d'*Oji-*

1. San-Andrès manque en outre d'une rivière navigable jusqu'à la mer.

2. Dans l'État de Tabasco qui, selon quelques auteurs, a donné son nom au tabac, on produit un tabac très fort et quelque peu amer que des fermentations bien conduites pourraient peut-être bonifier.

On l'appelle tabac de corral parce que les *tabasqueños* le plantent dans leurs *corrales* ou parcs à bœufs, sur un sol saturé de fumier.

Huimanguillo est le point central de la production du tabac dans l'État de Tabasco.

tlan et du *Valle Nacional* plantaient parmi leurs maïs et leurs cotons.

C'est près du village du *Valle Nacional* qu'il a acquis des terrains et fait ses premiers essais de plantations. Aujourd'hui, ses tabacs sont très appréciés et ses cigares de *La Prueba*, dont les capes viennent du *Valle Nacional*, sont en vogue à Mexico.

L'an passé, on a acheté à M. Balsa ses *capes premières* — le quart environ de sa récolte, — au prix de 20 fr. le kilogramme.

Le reste de la récolte, — *capes secondes* et *tripes*, — a été vendu à Hambourg $ 18 l'arrobe (6 fr. 30 le kilogramme) ou employé à la fabrique de *La Prueba*.

Les tabacs du *Valle Nacional* de 1884 ont donc atteint le prix moyen de 9 fr. 70 le kilogramme, prix plus élevé que celui des bons tabacs de la *Vuelta-Abajo*[1], et comme les frais de première installation et d'exploitation (achat ou rente de la terre, impôts, constructions, main-d'œuvre, etc.) sont bien moindres dans cette partie du Mexique qu'à Cuba, ainsi que nous le verrons plus loin, comme, d'autre part, les frais de transport y sont moindres que ceux de la *Vuelta-Abajo*, les bénéfices réalisés par M. Balsa doivent être considérables.

Le *Valle Nacional* s'est rapidement peuplé de Cubains et de Canariotes qu'a attirés l'offre de terres payables en un certain nombre d'années par la cession du tiers de la récolte au propriétaire et par la vente qui lui est faite par avance d'un autre tiers de la récolte à un prix convenu.

M. Balsa a essayé d'autres modes de contrats avec les émigrants. Il fait aussi valoir lui-même avec l'aide des gens du pays et de quelques colons payés à la journée.

Un des moyens employés par lui pour utiliser à son profit le tra-

1. On peut admettre 50 kilogr. comme poids moyen d'une balle à Cuba. Le prix de la balle varie entre $ 40 et $ 80, suivant les crus, soit 6 fr. le kilogramme en moyenne. Quelque inférieure que soit la qualité, on ne trouve plus à acheter à la Havane au prix de $ 35 la balle. Quant au prix de $ 80 qu'on donne pour limite supérieure, il est parfois dépassé, mais seulement pour des tabacs de qualité exceptionnelle. En 1882, on a payé des balles de *capes*, à la plantation même, au prix de 2000 et 2400 fr.

N. B. — La piastre cubaine vaut 5 fr.

vail des *vegueros* du *Valle Nacional* est celui d'avances d'argent remboursables par la livraison de toute la récolte du débiteur, à *tant* l'arrobe, généralement à $3. Le cultivateur qui accepte un contrat de ce genre devient un *habilitado*.

L'*habilitado* sait qu'il est exploité par le bailleur de fonds, que ce tabac qu'il lui vend $ 3 sera revendu $ 15 ou $ 20. Il n'a consenti au marché qu'avec l'intention de voler de son mieux l'exploiteur. Aussitôt la récolte commencée, il cache une partie de ses *capes* et les vend secrètement à un voisin ou à un acheteur de Vera-Cruz qui passe.

Le capitaliste serait plus habile s'il donnait à l'*habilitado* une part proportionnelle du prix de vente de ses balles, car il ne peut plus cacher aux gens du pays la valeur de leurs produits sur les marchés de Vera-Cruz, de la Havane, des États-Unis et d'Europe.

Je montrerai plus loin, par un exemple récent, combien facilement les Indiens de cette région changent leurs modes de travail quand on leur donne une bonne direction et de bons conseils. Jusqu'ici, faute d'un homme qui sût et qui voulût leur enseigner la culture, ils ont soumis le tabac comme le caoutchouc, le coton, la vanille, comme tous leurs produits enfin, au plus mauvais régime.

L'Indien sait imiter. Quand il reproduit un modèle ou quand il suit un exemple, il travaille vite et bien. Mais il ne se met jamais à la recherche du progrès ; le progrès doit venir à lui. L'Indien n'invente pas ; il ne réforme pas. Il attend un guide et, si le guide ne vient pas, il fait ce qu'ont fait ses aïeux. Le guide n'étant pas encore venu, il n'a modifié ni la construction de sa hutte qui rend sa demeure incommode et malsaine, ni la fabrication de son pain de maïs qui est enfantine[1].

Il n'est donc pas étonnant que, dans une région où les « gens de raison[2] » ont rarement pénétré et n'ont jamais rien enseigné, la culture du tabac soit mauvaise.

---

1. On a dit, à propos des galettes de maïs ou *tortillas,* base de la nourriture de huit millions de Mexicains, que la moitié de la nation travaille pour fabriquer le pain de l'autre moitié.

2. Les blancs, — créoles ou espagnols, — se sont donné le titre de « gens de raison ». Les rares représentants de la *gente de razon* dans cette partie de l'État

Vendant leur tabac au poids, et le vendant toujours à très bas prix, qu'il soit laid ou beau, bon ou mauvais, les Indiens désirent avant tout récolter des feuilles qui restent lourdes après leur dessiccation, c'est-à-dire des feuilles à grosse côte et à grosses veines, très mauvaises par conséquent pour la fabrication des cigares.

Le choix du terrain ne leur importe qu'autant que la plante y deviendra grande et que ses feuilles y seront lourdes. Aussi la repiquent-ils presque toujours dans des terres trop argileuses ou trop riches en humus végétal. Les admirables terrains de Santa-Rosa, et d'autres que je connais, ont passé jusqu'à présent dans le pays pour des terres où le tabac *devenait trop fin*.

La culture du tabac n'étant chez eux qu'accessoire, parce qu'elle a donné jusqu'à présent un revenu incertain et peu proportionné aux soins qu'elle coûte, ils se contentent de planter quelques pieds dans leurs champs de maïs ou de coton. Or, le tabac est une plante jalouse, qui veut des soins spéciaux et qui dépérit si on la met en contact avec d'autres plantes.

Les Indiens ignorent que le tabac gagne en qualité quand on le cultive plusieurs années de suite dans le même terrain, pourvu, bien entendu, qu'on ne pousse pas le retour de la plante jusqu'à l'épuisement du sol[1]. Ils abandonnent généralement la culture d'un

---

d'Oaxaca y font plus de mal que de bien. La plupart sont des émigrés espagnols, — asturiens ou galiciens, — presque aussi ignorants et plus grossiers que les Indiens qu'ils exploitent. L'épicier (*tendero*), « l'homme de raison » du village, débite le plus qu'il peut sa mauvaise eau-de-vie de canne, encourage l'ivrognerie et achète, — souvent à faux poids et toujours à vil prix, — les produits indigènes, coton, cacao, caoutchouc ou tabac. J'ai vu payer 0 fr. 13 c. (la livre) le coton d'un Indien.

1. Ce fait, prouvé cependant et reconnu exact par tous les hommes compétents (par M. de Candolle entre autres), a été nié récemment par M. Lachaume, horticulteur cubain, dans un article de journal qui a été communiqué officiellement au ministère mexicain et reproduit par plusieurs journaux du Mexique.

« No debe », dit M. Lachaume, « cultivarse el tabaco sucesivamente en el mismo « terreno ».

Cela peut être vrai aujourd'hui dans la *Vuelta-Abajo* où le sol ruiné a besoin d'un repos qui devrait être non pas seulement d'une année sur deux, mais au moins de douze années consécutives. La théorie de M. Lachaume n'en est pas moins en contradiction avec la brillante histoire de cette même *Vuelta-Abajo* où la qualité du tabac a crû pendant longtemps, bien que les récoltes s'y succédassent sans interruption. En Virginie, où la couche végétale est plus profonde qu'à Cuba et où l'on a moins négligé

champ après deux ou trois récoltes et vont défricher un coin de la forêt voisine, croyant y récolter davantage.

J'ai dit plus haut quels étaient les inconvénients du tabac *tabasqueño* qu'on cultive dans les États de Tabasco et de Vera-Cruz. Les Indiens de l'État d'Oajaca ne connaissent ni le *tabasqueño* ni le *havane*. Ils plantent et ont toujours planté une seule espèce, dite *tabac de la sierra* ou *tabac indien*, plante grêle, dégénérée, à côte et à veines épaisses[1].

Ils ignorent les procédés de culture les plus élémentaires; par exemple, ils ne connaissent pas le *buttage*, si nécessaire à tant de plantes et au tabac plus qu'à aucune autre[2].

---

de rendre à la terre, sous forme de composts et d'engrais de ferme, ce que le tabac lui prenait, on plante chaque année avec succès, *depuis* 1814, du tabac dans les mêmes terres.

1. Les espèces, — plantes comme animaux, — dégénèrent vite. En France, on prend soin de ne jamais semer dans un département où l'on cultive le tabac, les graines récoltées dans ce département.

On fait plus. On s'est engagé dans la voie qu'a montrée Darwin. On cherche à améliorer les espèces par la sélection et par les croisements.

Sélection : On choisit pour porte-graine, dans un champ de tabac, les pieds sans défauts et on les laisse pousser et fleurir librement sans leur enlever une feuille ; on sème leurs graines, et, parmi les sujets produits par ces graines, on choisit encore, et l'on fait successivement un troisième et un quatrième choix parmi les plantes issues du second et du troisième triage. On est arrivé par ce moyen à fixer des espèces hybrides très belles.

Croisement : On veut croiser, je suppose, le tabac havanais et le tabac de Tabasco. Par une fente longitudinale pratiquée au moyen d'un canif, on entr'ouvre le bouton de fleur d'un *tabasqueño*. On enlève de ce bouton les organes mâles (les cinq anthères) et on le laisse, ainsi castré, s'épanouir en fleur. Quand l'organe femelle de cette fleur sera luisant et prêt à recevoir le pollen, on le caressera, comme avec un pinceau, du bout d'anthères prises à la fleur d'un *havanais*. Les graines qu'on obtiendra produiront un hybride tabesqueño-havanais.

2. Le buttage assainit le sol ; c'est une sorte de drainage à ciel ouvert. Il est, en outre, utile au développement de la plante. Voici pourquoi : Dans les derniers temps de la croissance du tabac, sa racine principale durcit et devient ligneuse. En cet état, quelque longue qu'elle soit, elle ne peut plus prendre au sol et transmettre à la tige les sucs et l'humidité nécessaires à la nourriture du sujet. C'est alors que l'utilité du buttage se fait sentir. Du col de la racine principale, de fines racines adventives, — du chevelu, comme on dit, — poussent dans la *butte*, dans la terre meuble qu'on a pris soin d'amasser autour du pied de la plante, et c'est ce chevelu, et non plus la grosse racine, qui désormais se chargera d'alimenter la tige.

C'est de la *butte* que sortent les rejetons qu'on appelle à Cuba *mamones*, parce

Ils n'ébourgeonnent pas la plante. Ils la laissent grandir comme elle peut, et pousser, comme il lui plaît, des rameaux secondaires, des *hijos,* comme on dit à Cuba, se couvrir de 28 ou 30 feuilles entre lesquelles se diviseront l'arome et la force que la plante peut produire et qu'il aurait fallu concentrer dans 12 ou 16 feuilles au plus. L'Indien se contente de casser le bouton qui sera la fleur. Les nombreuses feuilles qu'il récolte sont maigres, étroites, sans qualité, sans solidité et ne fournissent que de la tripe.

A Cuba, on ne laisse à la plante que 8 feuilles, 12 au plus, dans les terrains les plus fertiles[1].

Dans les bons terroirs de l'État d'Oajaca, le sol est si riche et les conditions atmosphériques si favorables qu'on pourrait laisser la plante s'élever plus haut et porter 16 feuilles. Non seulement les 4 feuilles de la couronne seraient des capes premières, mais 2 et souvent 4 feuilles de la croix placée sous la couronne auraient reçu, grâce à l'élévation de la plante dans cette région, assez d'air et de lumière, pour être classées, elles aussi, parmi les meilleures capes.

L'époque de la récolte venue, les Indiens coupent le tabac trop vert, généralement. Ils se fient à l'apparence — aux feuilles retombantes, aux marbrures, etc., — et l'apparence trompe souvent. C'est au tact seulement qu'il faut se fier. Le bon cultivateur est assez exercé pour sentir le *grain* de la feuille avec ses doigts et pour reconnaître, au toucher, si son tabac est *tierno, hecho, entrehecho y maduro, maduro* ou *pasado maduro.* Dans les terrains légers de

---

qu'ils tettent la racine-mère. Quand la tige principale aura été coupée, ces rejetons donneront des feuilles souvent très fines, — plus fines que les feuilles de la première coupe, — des feuilles qui fournissent quelquefois d'excellentes capes pour des cigares de petites dimensions. C'est ainsi que les cigares dits *bouquets,* à la Havane, ont pour capes des feuilles de *mamones.*

On butte les rejetons à leur tour. A leur tour, les rejetons deviennent plantes-mères. On coupe et l'on butte successivement jusqu'à six repousses, quand la terre est d'une fertilité exceptionnelle.

La première repousse seule peut donner des feuilles de capes ; les autres repousses donnent de la tripe.

1. En ébourgeonnant, on réserve les feuilles de la tige principale par bouquets de quatre feuilles en croix. La *croix* supérieure, qui seule, à Cuba, donne de bonnes capes, s'appelle la *couronne* ou la *coupe* (corona ou copa).

l'État d'Oajaeca, il faudrait couper le tabac *entrehecho y maduro*, et les Indiens le coupent *hecho* et souvent même *tierno*[1].

De plus, ils le coupent mal. Au lieu de séparer les feuilles de la tige par *couples* (*mancuernas*) et de disposer ces couples sur des perches, comme on fait à Cuba, ils abattent la plante comme ils feraient d'un arbre et la suspendent, la tête en bas, sous le séchoir. C'est le mode usité en Virginie pour faire sécher le tabac destiné aux priseurs. Les feuilles restant attachées à la tige s'imprègnent d'un surcroît de nicotine. Il arrive même souvent que la végétation de la plante continue pendant quelques jours et trouble la dessiccation.

On procède, après le séchage, à l'opération de la mise sous presse, ou *pilon*. Les cultivateurs mexicains soumettent les feuilles à cette opération sans attendre que les *côtes* soient parfaitement sèches; une partie de l'eau de végétation ne s'étant pas encore évaporée, la fermentation est trop vive[2].

Quand le tabac a passé par le *pilon*, on procède, à Cuba, au choix et à la classification des feuilles.

---

1. Dans les terrains calcaires ou argileux, à Orizaba, par exemple, il faudrait couper le tabac lorsqu'il est *passado maduro*.

2. A Cuba, quand la dessiccation est complète, quand les côtes des feuilles ont pris la consistance et la dureté du bois, on dispose, sous le séchoir, des planches sur des tréteaux; on les recouvre de paille de riz ou de toute autre bonne litière et l'on fait les piles en plaçant les feuilles de tabac par rangs, les pointes se touchant. Les piles représentent 40 à 50 arrobes de tabac. Les poids qu'on leur fait supporter sont de 20 arrobes environ.

Le tabac reste au *pilon* pendant 20, 30 et souvent même 40 jours, selon la force de la chaleur qui se développe au centre de la pile. Cette chaleur ne doit pas être inférieure à 15 degrés Réaumur, ni dépasser 25 degrés. On se rend compte de ses variations au moyen d'un thermomètre; les *cosecheros* la jugent en enfonçant la main jusqu'au centre de la pile. Si la chaleur devient trop forte, on diminue la charge. On l'augmente au contraire si la fermentation n'est pas assez active. Un excès de chaleur ferait perdre au tabac une partie de son poids et pourrait même nuire à sa qualité, le rendre *ardido*.

Le tabac qui, pendant la période de la dessiccation, a souffert d'un excès d'humidité atmosphérique, ne peut subir que quelques jours de *pilon*.

Le *pilon*, — la première des trois fermentations par lesquelles les feuilles doivent passer avant d'être transformées en cigares, — le *pilon* ne fait perdre au tabac que 3 p. 100 seulement de l'excès de nicotine dont les deux autres fermentations doivent le débarrasser. Cette opération sert surtout à donner aux feuilles de la flexibilité et de la *condition*.

On met à part les grandes feuilles sans défauts[1] : celles-là formeront la classe dite 1-5 et serviront à faire les capes des grands *regalias* (*excepcionales, imperiales, cazadores,* etc.).

Les feuilles, également parfaites mais plus petites et plus minces, forment la classe dite 5-7. Elles fourniront les capes des regalias de dimension moyenne, jusques et y compris les *britannicas*[2].

La classe 8 et la classe 9, composées de bonnes feuilles qui ont quelques défauts, fourniront des capes pour les cigares courants (*bouquets, conchas,* etc.). Les bonnes feuilles de *mamones* ou seconde pousse (voir page 398, note 2) rentrent dans la classe 9. On assimile aussi à cette classe le *quebrado n° 1*, c'est-à-dire les grandes feuilles sans défaut qui ont été cassées pendant la récolte et qui cependant peuvent fournir au moins une cape[3].

La classe 11-13 et le *quebrado n° 2* fournissent la première enveloppe du cigare ou *morron* et la tripe.

Le classement des feuilles terminé, on forme les *gavilas* en groupant la classe 1-5 par bouquets de 25 feuilles, la classe 5-7 par bouquets de 30 feuilles, la classe 8 par 35 feuilles, la classe 9 par 40 et, pour le reste, en réunissant à peu près ce que la main peut contenir, c'est-à-dire jusqu'à 60 feuilles[4].

4 gavilas d'une même classe forment un *manojo*[5].

---

1. Celles qui n'ont ni déchirures, ni trous faits par les insectes, ni taches, et dont la couleur est uniforme.

2. Lorsqu'on veut juger de la valeur d'une marque de cigares, il faut fumer un *britannica* de cette marque. Fabriqué avec le moins bon des tabacs fins et le meilleur des tabacs courants, placé entre la 7e et la 8e classe, le *britannica* vous fait connaître la moyenne des achats du fabricant, il donne la clef de la fabrication. Les *britannicas* valent, à la Havane, de $ 75 à $ 85 le mille. Ceux d'Uppman, les plus chers de tous, valent $ 95.

3. Les feuilles de *quebrado n° 1* sont généralement fortes et aromatiques, parce que les meilleures feuilles de la couronne, les plus mûres, se cassent facilement pendant la récolte. C'est le *quebrado n° 1* qui fournit les capes des *brevas*.

4. A Cuba, on lie la *gavila* avec une feuille de 9e classe. En France et aux États-Unis, la feuille de liage doit appartenir à la même classe que les feuilles qui composent la *gavila*.

5. On lie le *manojo* avec un ruban d'écorce de *majagua*. La majagua s'appelle, dans l'État d'Oajaca, *jonote*. Le *jonote* est une sorte d'aulne commun dans le pays. Les filaments de son écorce sont très souples et très solides.

80 *manojos* d'une même classe forment un *tercio,* une balle[1].

Ce classement, si méthodique et qui rend si *marchand* le tabac cubain, est inconnu au Mexique, où l'on se contente de faire deux lots : les capes et les tripes, et de mettre à part les capes exceptionnellement belles, quand il y en a.

On ne pourra jamais accréditer les tabacs mexicains près des consommateurs étrangers si l'on s'obstine à ne pas les classer. Eh ! que dirait-on d'un fabricant qui n'offrirait à ses clients que deux types de cigares, — les bons et les mauvais ?

Mais la plus grosse faute qui soit commise par les cultivateurs mexicains, celle qui, plus que toutes les autres, empêche le tabac du pays de prendre rang parmi les plus appréciés et les plus chers du monde, la faute qu'il est surtout important de corriger, la voici : On ne *bénéficie* pas le tabac, au Mexique. On ne le soumet pas à la fermentation du *betun* qui a été, pendant trente ans, le grand secret des Cubains, la cause principale du succès des tabacs havanais.

Le *betun* ou *blandura* est à la fois un ferment et un préservatif contre les fermentations putrides. Sous son action, il se produit dans les feuilles du tabac des fermentations maliques et lactiques, encore peu connues, à la suite desquelles : 1° l'excès de nicotine diminue de 40 p. 100 ; 2° l'arome, dont le tabac brut contient le principe à l'état latent, se dégage et est mis en pleine valeur. « Sans la fer- « mentation particulière obtenue par les procédés cubains, le cru « le plus renommé n'a ni goût ni arome et reste détestable à « fumer[2]. »

En France, les ingénieurs de la régie, dans le but de faire disparaître l'excès de nicotine, « traitent le tabac par des torréfactions, « des macérations, des lavages, etc., qui diminuent bien la force, « mais qui diminuent bien plus encore la qualité des feuilles[3]. »

Au Mexique, après l'opération du pilon et le triage sommaire dont j'ai parlé, on abandonne le tabac à la nature. On l'emballe grossièrement dans des paillassons (*petates*) qui laissent pénétrer l'air, et les vents du Nord, si fréquents sur la côte durant l'hiver, se chargent

1. Le tabac se vend à Cuba, non au poids, comme au Mexique, mais au *tercio*.
2. *Le Monopole des tabacs. Urgence d'une enquête parlementaire.* — Paris, 1882.
3. Id. *ibid.*, V, p. 36.

de diminuer à la fois la force et l'arome des feuilles. L'arome que ces vents ne peuvent épuiser est justement l'arome qui n'a pas été dégagé, faute de *betun,* celui qui, par conséquent, est perdu pour le fumeur et pour la réputation du cru.

Le *betun, blandura* ou vin de tabac, se prépare quelquefois avec des feuilles de *quebrado n° 1*, mais plus souvent avec des fragments secs de la tige de la plante, parce que la tige renferme certains sels qui manquent aux feuilles, le chlorure de potassium, entre autres, si utile à la bonne combustion du cigare.

On met ces débris de feuilles ou ces fragments de tige dans un vase soigneusement lavé et on les y laisse infuser dans de l'eau pure. Au bout de 3 ou 4 jours, l'odeur et la saveur de l'infusion, du *betun,* sont très pénétrantes ; sa couleur est celle du bon vin de Xérès.

A l'aide d'une éponge fine, on asperge légèrement de *betun* les feuilles de tabac ; après quoi on les empile, on les recouvre et on les laisse fermenter pendant 24 heures.

C'est à la suite de cette opération qu'on forme les balles ou *tercios*. La fermentation active se ralentit dans les balles et devient très faible, mais elle persiste, et quand le moment est venu de soumettre les feuilles à la fermentation en baril, — celle qui précède immédiatement la fabrication des cigares, — on trouve, en ouvrant les balles, un tabac flexible, solide et aromatique.

A Cuba, on emballe le tabac dans des *yaguas* (voir page 390, note 1) élastiques et imperméables. Au Mexique, on l'emballe, comme je l'ai dit plus haut, dans des paillassons.

Heureusement, il sera facile d'adopter dans ce dernier pays le mode d'emballage cubain, car les *palmas reales,* les arbres à *yaguas* croissent en grand nombre dans les vallées du Papaloapam et de ses affluents, c'est-à-dire dans le voisinage des futurs grands crus de tabacs mexicains, de la *Nouvelle-Vuelta-Abajo*.

Je donne ce nom à certaine région du Mexique, bien qu'il n'existe pas au Mexique un groupe compact de bons terroirs à tabac, analogue à la célèbre province cubaine. Non. La *Vuelta-Abajo* continentale, qui semble destinée à remplacer la *Vuelta-Abajo* insulaire dans un avenir prochain, sera formée de crus éparpillés sur un espace plus grand que l'île de Cuba tout entière. Elle se composera

d'un grand nombre de terroirs plus ou moins bons, plus ou moins vastes, séparés les uns des autres par de grande étendues de pâturages, de forêts, de cultures variées ou de montagnes. Il est donc important de découvrir dès à présent et de mettre en valeur les veines de terres à tabac les plus larges, les plus fertiles et les mieux situées sous le double rapport du climat et des transports.

J'ai dit l'insuffisance des districts de San-Andrés-Tuxtla et d'Acayucan. Le *Valle Nacional* n'a que quelques centaines d'hectares propres à la culture du tabac. Sa fameuse « Isleta de la Sepultura », formée par un coude de la rivière de Chiltepec, et qui passe pour la meilleure veine de la vallée, n'a qu'une cinquantaine d'hectares d'étendue.

Il fallait chercher ailleurs.

Après avoir parcouru et étudié avec soin la vaste région dont je viens de parler, M. Eugène Schnetz a fixé son choix sur la partie de la vallée du rio Santa-Rosa qui dépend du territoire d'Ojitlan et qu'un contrefort de la grande Sierra sépare du *Valle Nacional.*

Avant d'avoir étudié le sol de la vallée de Santa-Rosa, M. Schnetz était persuadé qu'on devait trouver, dans ces parages, de bons terrains à tabac.

D'abord, le tabac des Indiens d'Ojitlan jouissait à Vera-Cruz d'une réputation au moins égale à celui du *Valle Nacional* et M. Schnetz y reconnaissait les germes de grandes qualités dont la mauvaise culture et les mauvais soins que j'ai dits empêchaient seuls le développement.

Mais une autre raison, celle-là d'un ordre général et scientifique, lui faisait croire à l'avenir de ce territoire.

Si l'on examine la carte du pays, on verra que les trois fleuves dont les vallées produisent les meilleurs tabacs du Mexique, — le Coatzacoalcos, le San-Juan et le Papaloapam, — prennent leur source dans le même massif de montagnes, dans la Sierra d'Oajaca dont les éléments géologiques sont très homogènes.

Ces fleuves, par la lente désagrégation des mêmes roches, ont formé des terrains semblables. Dans les trois bassins, on trouve les mêmes alluvions.

La Sierra d'Oajaca est formée de grès arénacés, semblables aux grès verts de Fontainebleau, et de roches schisteuses. Les eaux, en désagrégeant ces grès et ces schistes, ont entraîné un mélange de

sable et d'argile qui s'est déposé, selon un mode régulier, le long des rives des cours d'eau.

Il suffit, pour se rendre compte de ce mode, de dissoudre dans un verre d'eau quelques pincées de terre argilo-siliceuse : le sable ira tout d'abord au fond du verre et l'argile restera quelque temps encore en suspension dans l'eau. De même, au temps des crues, le sable du mélange s'est déposé au fond des vallées qu'il a peu à peu exhaussées et dont l'argile a formé les revers. Dès qu'on s'éloigne des rives des cours d'eau et qu'on marche vers les coteaux, on trouve un sol où l'argile domine, sol très propre à la culture du café, de la canne à sucre, etc., mais très mauvais pour le tabac qui ne se plaît que dans les terrains meubles et perméables[1].

Je ne prétends pas dire que les rives des trois fleuves et de leurs affluents soient, sur toute leur longueur, propres à la culture du tabac. Loin de là. Les points où le sable s'est déposé en retenant seulement une faible proportion d'argile et les sels de fer et de potasse que contenaient les grès, et en acquérant, par la suite des temps, l'humus végétal nécessaire à la fertilité du sol, ces points sont rares. Il faut d'ailleurs, pour que les conditions de leur mise en culture soient bonnes, qu'ils puissent être mis, sans trop de grosses dépenses, en communication avec le golfe du Mexique par la navigation à vapeur. Il faut encore qu'une montagne isolée ou quelque contrefort de la Sierra y protège les cultures contre les vents du Nord.

Les rives du Santa-Rosa près de son confluent avec le Santo-Domingo[2] réunissent toujours ces conditions de succès. De riches allu-

---

1. Le même fait géologique s'est produit dans la *Vuelta-Abajo* de Cuba. La mer, qui a jadis envahi ce pays par le Nord, y a disséminé des blocs de grès qu'on retrouve parfois intacts et jusque dans les environs de *Pinar-del-Rio,* c'est-à-dire dans cette partie pauvre de la *Vuelta-Abajo* qu'on appelle *la Savane.* Ces blocs, en se désagrégeant, ont formé la couche de sable de $0^{m},20$ à $0^{m},26$ d'épaisseur qui revêt les bons terroirs à tabac du pays. Entre cette couche végétale et la roche de calcaire tertiaire qui sert d'assises à l'île s'étend une couche d'argile imperméable de 2 mètres d'épaisseur environ. C'est exactement la même formation qu'à Santa-Rosa, mais l'on s'explique comment les eaux de pluie, n'ayant à traverser qu'une couche végétale si mince et s'écoulant par conséquent très vite, les principes fertilisants et les sels de potasse aient été entraînés à la longue et que l'aridité se soit produite.

2. Le Santo-Domingo, après avoir reçu les eaux du Santa-Rosa, prend le nom de Papaloapam.

vions recouvrent plusieurs lieues carrées de terrain le long de la rivière, — tantôt resserrées par les terres argileuses, tantôt s'épanouissant et formant des plaines étendues.

Au rancho où s'est installé M. Schnetz, et qu'on appelle Santa-Rosa, la largeur moyenne des terrains siliceux est d'environ 400 mètres et l'épaisseur de la couche varie entre 2 et 4 mètres. C'est un sable rose, ou plutôt couleur *tabac de la Havane,* de cette couleur que les Cubains appellent *mulatta* et qu'ils apprécient tant.

La profondeur de la couche végétale et le sous-sol d'argile imperméable sur lequel elle repose permettent à ce sol, si substantiel et si meuble, de ne garder des pluies que de la fraîcheur sans humidité. On peut imaginer quelle vigueur la végétation doit puiser dans ce « terreau de jardinier », arrosé pendant dix mois de l'année par de fréquentes averses, humecté pendant les deux autres mois par des rosées abondantes et toujours chauffé par le puissant soleil du 18e degré.

La grêle qui cause en Europe et aux États-Unis de si grands dégâts dans les plantations de tabac et contre laquelle on ne s'assure en ces pays qu'au prix de 6 p. 100 de la future récolte, la grêle ne tombe jamais dans la vallée pendant l'hiver, c'est-à-dire pendant l'époque de la culture du tabac.

J'ai déjà dit que le régime des pluies en ces parages différait du régime des pluies à Cuba[1].

---

1. On a adopté le tableau suivant des nombres moyens de jours de pluie à Cuba :

MOIS.	JOURS de pluie.
Janvier	4
Février	5
Mars	2
Avril	9
Mai	12
Juin	9
Juillet	13
Août	12
Septembre	16
Octobre	12
Novembre	5
Décembre	2
Total	101

1074mm,08.

A Santa-Rosa, on n'a, jusqu'à présent, que des données assez vagues sur les moyennes atmosphériques, puisque M. Schnetz est le premier planteur qui se soit occupé de l'étude du climat du pays et que ses observations n'ont pu porter encore que sur un petit nombre de mois. Il est certain que les pluies y sont plus fréquentes qu'à Cuba pendant une partie de la saison sèche, en décembre, janvier et février. La profondeur exceptionnelle et la perméabilité du sol permettent au tabac d'y supporter un arrosage qui lui nuirait sans doute ailleurs.

Le régime des pluies, spécial à cette partie de l'État d'Oajaca et à l'État de Tabasco, semble anormal sous les tropiques. Il faut, pour s'expliquer ce phénomène, observer la carte de l'Amérique du Nord.

On nomme « vagues froides » — *cold waves* — aux États-Unis, les brusques abaissements de température qui se produisent pendant l'hiver, d'une façon intermittente mais fréquente, dans les hautes régions de la Colombie anglaise. Ces « vagues » descendent la vallée du Mississipi, traversent le golfe du Mexique et balayent les vastes plaines de l'État de Vera-Cruz. Elles sont arrêtées dans leur course vers le Sud par les premiers contreforts de la grande Cordillère qui porte, à cette hauteur, le nom de Sierra d'Oajaca. Repoussées vers l'Est, elles longent ces rampes, ce long mur d'enceinte de l'État d'Oajaca et elles vont dessécher la presqu'île du Yucatan[1]. Mais leur passage a suffi pour abaisser la température de l'autre côté du mur et pour y condenser des vapeurs. Aussi, pendant les deux ou trois jours qui suivent l'annonce d'une « vague froide », d'un *Nord*, à Vera-Cruz, des averses tièdes et abondantes tombent-elles sur les vallées du haut Papaloapam et des ses affluents.

Ce phénomène a frappé le savant naturaliste allemand Grisebach, qui, dans son ouvrage *la Végétation du globe*, a consacré un chapitre au climat particulier de la région qui nous occupe :

« Au sud de Vera-Cruz, — dit-il, — dès les premières rampes qui « servent de limites à l'État d'Oajaca, le climat se modifie d'une fa- « çon très remarquable. La terre tempérée s'abaisse en ces parages

1. Le Yucatan est une savane aride et sans végétation. Ce n'est que près du littoral qu'on trouve quelques forêts de *Hematoxylon* (bois de campêche) et encore la plus grande partie du bois de campêche qui s'exporte en Europe et aux États-Unis vient-elle des États de Vera-Cruz, d'Oajaca et de Tabasco.

« jusqu'à la terre chaude. La température tropicale s'y trouve en « contact avec des pluies réparties sur une période très longue, « avantage particulier à cette région et qu'on ne trouve en aucun « autre pays intertropical... C'est là seulement, sous ces latitudes, « qu'on peut admirer les magnificences de la végétation du Brésil, « les proportions grandioses de la flore équatoriale.

« A l'ombre des lauriers, des tamariniers et de nombreuses es- « pèces de palmiers [1] végètent une multitude de lianes vigoureuses [2], « d'épiphytes, d'aroïdées à grandes feuilles, de pipéracées, d'orchi- « dées [3], etc. »

Cette végétation exubérante rend assez difficile le défrichement de la forêt vierge dans la vallée du Santa-Rosa. Heureusement, les rives des cours d'eau ont été presque partout défrichées par les Indiens qui n'ont guère, pour aller vendre leurs produits, d'autres routes que les « chemins qui marchent ».

Les gens des villages voisins ont cultivé, à différentes époques, presque tous les terrains qui bordent les rios Santo-Domingo et Santa-Rosa. Voici comment :

Un Indien quitte un beau jour son village, Ojitlan, Ixcatlan, ou Usila; il descend vers la rivière la plus voisine, et, sans titres de propriété, sans autres raisons que son caprice, il choisit un coin de forêt, le défriche et construit un rancho. Il sème un peu de coton et de tabac qu'il vendra, un peu de maïs pour sa nourriture ; il fait deux ou trois récoltes, puis il retourne à son village. Les souches, qu'il ne s'est pas donné la peine d'arracher, repoussent bientôt et font

1. M. Grisebach eût pu ajouter aux lauriers et aux tamariniers bien d'autres arbres qu'on trouve dans cette région, entre autres : des sapotacées (mameyers, sapotiers), des urticacées (mûriers de teinture ou morals), des térébinthacées (pruniers d'Amérique, manguiers, copals), des ébénacées (ébène, sapotier noir, guayacum ou bois saint), des laurinacées (entre autres, notre avocatier des Antilles), des légumineuses arborescentes (bambou, granadillo, bois de fer, bois de rose, bois tigré ou gateado), des bombacées (ceiba), des anonacées (chirimoïa), des myrthacées (le *Psydium aromaticum* qui est le mûrier du ver à soie sylvestre, le poivrier de Tabasco, etc.), des aurantiacées (oranger, citronnier, limonier), des cédrelacées (cèdré, acajou), des euphorbiacées (caoutchouc), des byttnériacées (cacao), etc.

2. Entre autres, la liane qui fournit la salsepareille, — le *Smilax officinalis*.

3. Entre autres, la vanille. M. Grisebach ajoute qu'on ne trouve autant d'orchidées en aucun autre lieu du monde, sauf sur le mont Kharia, dans l'Inde anglaise.

taillis, le rancho est envahi par les plantes grimpantes, et, dans les clairières du taillis, une abondante végétation herbacée prend possession du défrichement qu'on ne distingue, au bout d'un an ou deux, du reste de la forêt, qu'à l'absence de gros arbres et à la présence de quelques groupes de bananiers et d'ananas abandonnés.

Ces défrichements sont faciles à reprendre et leur remise en culture coûte peu. Même quand leur abandon date de cinq et six années, la hache y est rarement nécessaire, le *machete* suffit. Les troncs s'extirpent sans effort du sol dans les parties sablonneuses. M. Schnetz a été surpris de la rapidité avec laquelle ses escouades d'Indiens ont transformé en plaine de culture une centaine d'hectares d'anciens défrichements.

Au mois d'août dernier, avant de prendre possession des terrains de Santa-Rosa, M. Schnetz avait remis à M. Daniel Lévy, son bailleur de fonds et son associé, un devis approximatif des dépenses à faire pendant la première année de culture.

N'ayant, comme tout le monde, que des renseignements contradictoires et des données vagues sur le prix de revient de toutes choses dans cette partie peu connue du Mexique, il avait simplement établi les prix d'une entreprise semblable dans la *Vuelta-Abajo* de Cuba. Tout étant fort cher à Cuba, il était probable que le capital nécessaire à une culture cubaine suffirait à une culture mexicaine d'égale importance. Je cite :

Labours.

Pour les labours, on compte, à Cuba, une paire de bœufs par *caballeria* (de 12 hectares environ). Cette paire de bœufs est estimée $120, — soit 50 fr. à l'hectare.

Pour l'achat de charrues et autres instruments agricoles, on peut prévoir une dépense à peu près égale à la précédente.

Ces acquisitions ne sont à renouveler qu'après une période de cinq ans d'usage.

Séchoirs.

Pour cinq ou six hectares, il faut un bâtiment évalué à Cuba $1200, soit par hectare 1000 fr.

Cette dépense sera considérablement réduite, ajoutait M. Schnetz, si l'on trouve sur place les bois de charpente comme il y a lieu d'y compter.

Les séchoirs de Cuba durent 15 ans au moins.

Transports.

Dans la *Vuelta-Abajo*, on a besoin pour les transports de 4 chevaux ou mules par caballeria, soit une bête de somme valant $120 pour 3 hectares, ou 200 fr. par hectare ; mais cette dépense peut être réduite si l'on établit des chemins accessibles aux charrettes ; elle se répartit d'ailleurs sur une période de 10 ans.

Les frais, à Cuba, par hectare de tabac, sont donc :

Dépense première.

Bœufs et instruments		100 fr.
Séchoirs		1000
Moyens de transports et de communication		200
Par hectare		1300 fr.

Frais annuels.

Intérêt à 6 p. 100 de 1300 fr.		78 fr.

Amortissement de la valeur du matériel.

1/5 sur 100 fr.	20 fr.	106
1/15 sur 1000 fr.	66	
1/10 sur 200 fr.	20	
Main-d'œuvre		855
Par hectare		1039 fr.[1]

Au sujet de la main-d'œuvre, M. Schnetz entrait dans quelques détails. Il disait :

« A Cuba, un travailleur blanc, *intéressé à la culture,* peut soi-

1. Pour avoir le total exact des frais annuels d'un hectare de tabac dans la *Vuelta-Abajo,* il faudrait ajouter à cette somme de 1039 fr. :

1° Environ 300 fr. de guano ;

2° La rente de la terre ;

3° Les impôts.

A Santa-Rosa, la rente de la terre et les impôts sont à peu près nuls. J'ajoute que les droits d'exportation sur les tabacs, si lourds à Cuba, n'existent pas au Mexique.

« gner jusqu'à 20000 et 25000 pieds de tabac, soit un hectare au plus.
« Il ne faut pas chercher à atteindre ce chiffre au Mexique dans les
« premières années, car si le tabac n'est pas minutieusement soigné
« par le planteur, il ne rapporte que des mécomptes. D'autre part,
« il faudra probablement planter plus de 25000 pieds à l'hectare,
« parce que les terrains seront vierges. Pour ces motifs, il est pru-
« dent de ne pas prévoir plus de 4/5 et même 3/4 d'hectare par
« homme. En Europe, où l'on n'a aucune idée de la grande culture
« du tabac, il ne faut pas moins de 6 à 7 personnes par hectare.

« A Cuba, où la vie est plus chère que partout ailleurs, un jour-
« nalier gagne $25 par mois, soit par an $300 ou 1,500 fr.

« On n'aura pas besoin d'engrais pendant 15 ou 20 ans, si toute-
« fois, comme il y a lieu de le croire, le sol ne manque pas de sels
« de potasse.

« Ce chiffre de 1,039 fr. à l'hectare est la limite extrême de la
« dépense annuelle possible pour la culture d'un hectare au Mexique.
« En effet, après une première récolte, tous les frais iront en dimi-
« nuant, ceux de main-d'œuvre notamment ; une fois au courant des
« travaux, chaque colon devra se charger d'un hectare de culture
« et le salaire annuel se réduira alors à 685 fr. par hectare. J'ajoute
« que le tabac n'occupe réellement les ouvriers que pendant 8 à 9
« mois de l'année. »

Quand il calculait ainsi le prix de la main-d'œuvre au Mexique d'après les prix de Cuba, M. Schnetz n'était pas certain qu'on pût tirer parti, dans une grande culture de tabac, du *paysan mexicain*, c'est-à-dire de l'Indien. Il supposait que la première condition de succès d'une entreprise de ce genre était l'importation d'ouvriers étrangers.

Il a pu constater cette année que le travail indigène, quand il est bien dirigé, peut satisfaire aux besoins d'une grande exploitation. Dans ses prévisions de frais de main-d'œuvre, il comptait qu'un ouvrier *étranger,* payé $ 1 par jour, cultiverait 3/4 d'hectare, ce qui ferait, pour frais de main-d'œuvre à l'hectare, 855 fr. Or, les ouvriers indigènes sont venus s'offrir de tous les villages éloignés de 15 et 17 lieues. Ils ont montré presque tous beaucoup de bonne volonté et d'intelligence, mais leur mauvais outillage et leur inexpé-

rience des procédés de culture dont M. Schnetz exigeait l'application les ont empêchés de cultiver chacun 3/4 d'hectare. Il a fallu compter cette année un demi-hectare seulement par homme.

Il est vrai que le salaire d'un homme à Santa-Rosa n'est pas de 5 fr. comme à Cuba, mais de 2 fr. 20[1].

En somme, il a été dépensé cette année 990 fr. par hectare pour la main-d'œuvre, au lieu de 855 fr. qu'on eût dépensés à Cuba. Mais, dès l'an prochain, une forte économie sera réalisée sur ce chapitre par le remplacement de l'incommode *chaguastle*[2] indien et l'emploi de la *guataca* ou binette cubaine, et par la formation de bonnes équipes d'ouvriers indigènes, déjà au courant des travaux.

Les dépenses de main-d'œuvre sont les seules qui aient excédé les dépenses qu'on eût eu à faire à Cuba.

D'abord, il n'y a pas eu besoin de labours. Le *chaguastle,* tout primitif qu'il est, a suffi à la préparation de ce sol si meuble et aux façons à donner au tabac. Les 100 fr. par hectare prévus pour les bœufs et les charrues ont donc été économisés. On s'est contenté d'acheter quelques haches, couteaux, et instruments du pays et l'on n'a fait au chapitre « matériel agricole » qu'une dépense d'environ 12 fr. par hectare.

Au chapitre si important des *séchoirs,* tout en prévoyant que les hangars coûteraient moins cher que dans la *Vuelta-Abajo,* où les bois de charpente, les liens et les perches sont devenus rares, il était difficile de prévoir que la différence de prix serait aussi grande.

En réalité, un séchoir de 16 vares de largeur sur 25 vares de longueur et 5 vares de hauteur, qui coûterait $ 1200 à Cuba, ne coûte pas $ 40 à Santa-Rosa[3]. Il est vrai que ces hangars économiques ne dureront pas 15 ans comme ceux de Cuba, mais ils seront

1. En réalité, il est de 1 fr. 40 ; mais la *Compagnie des Tabacs mexicains* a cru devoir le porter à 2 fr. 20 de son propre mouvement.

2. Le *chaguastle* est une lame évasée, à long manche.

3. 12 journées de 8 hommes à 4 réaux, tant pour la coupe et le transport des bois, lianes et palmes que pour les travaux de charpente et de couverture, soit 72 journées à 2 fr. 20, soit 158 fr. 40 ou environ $ 36. Il s'est rencontré dans les villages indiens d'Ojitlan, d'Ixcatlan et de Jalapa-de-Diaz, de bons maîtres charpentiers indigènes pour faire exécuter ces travaux selon le plan qui leur a été remis.

encore bons dans 5 ans. J'en ai vu qui, construits avec moins de soins par les gens d'Ojitlan, servaient depuis 8 ans.

M. Schnetz a dû construire plus de hangars qu'il n'avait prévu, l'abondance de la récolte ayant dépassé toutes les prévisions. On n'a cependant dépensé, de ce chef, que 47 fr. par hectare. Nous sommes loin des 1000 fr. de Cuba.

Au chapitre des « transports et communications », il a été fait des dépenses assez importantes. On a ouvert dans la forêt un chemin de 7 lieues de long, longeant le rio Santa-Rosa et le Papaloapam, afin de mettre en communication les deux extrémités des terrains de la Compagnie. Ce chemin a coûté $ 1000 qu'il n'est pas très juste de faire figurer dans le prix de revient des tabacs, auxquels il a été inutile[1]. Cependant, faisons figurer ces $ 1,000 au chapitre des transports et ajoutons-y $ 300 pour les chemins qu'on a ouverts autour de la plantation et qui servent à la circulation et aux coupes de bois. Nous inscrivons pour les chemins une dépense de $ 1300, soit 145 fr. par hectare de tabac.

On s'est passé des 12 chevaux ou mules de $ 120 dont on aurait eu besoin à Cuba. A l'heure où j'écris ce rapport, la récolte est très avancée et l'on n'a eu besoin pour les transports que de 2 bœufs de $30, de 3 mules de $40, d'un grand canot de $ 200 et d'une charrette, soit une dépense d'environ 50 fr. par hectare.

On a jugé utile l'établissement d'un magasin (*tienda*), où l'on vend aux Indiens, au prix coûtant et sans faire sur eux aucun bénéfice, les objets dont ils ont besoin, salaisons, sucre, paillassons, cotonnades, etc. Ce magasin a coûté $2000, soit une dépense de 220 fr. par hectare de tabac.

On a fait venir de Cuba deux contremaîtres dont les frais de voyage et les salaires grèvent chaque hectare de 132 fr. Les voyages des associés et d'autres frais d'ordre général peuvent s'élever à 66 fr. par hectare.

En résumé, et pour comparer les dépenses de première installa-

1. On n'a fait cette année de plantation importante que sur un seul point des terrains, à Santa-Rosa, où les ouvriers viennent par d'autres chemins que celui dont il est question. Le tabac sera expédié par eau à Vera-Cruz. On organisera, cette année même, la navigation à vapeur de Santa-Rosa à la mer.

tion qu'on a dû faire à Santa-Rosa à celles qu'on aurait eu à faire à Cuba, on obtient les tableaux suivants :

Frais d'installation à Cuba.

(Par hectare de tabac).

Bœufs de labour et instruments agricoles	100 fr.
Séchoirs	1000
Routes et matériel de transport	200
Total	1300 fr.

Frais d'installation à Santa-Rosa.

(Par hectare de tabac.)

Instruments agricoles	12 fr.
Séchoirs	47
Routes	145
Matériel de transport	50
Établissement d'un magasin	220
Contremaîtres cubains	132
Voyages, etc.	66
Total	672 fr.

Quant aux frais annuels, ils peuvent s'établir ainsi :

A Cuba (par hectare.)

Intérêt à 6 p. 100 de 1300 fr.	78 fr.
Amortissement de la valeur du matériel	106
Main-d'œuvre	855
Guano et autres engrais	300
Rente de la terre	Mémoire.
Impôts	Mémoire.
Total	1339 fr.

A Santa-Rosa (par hectare).

Intérêt à 6 p. 100 de 672 fr.			40 fr.	32 c.
Amortissement de la valeur du matériel.				
1/5 sur 12 fr.	2 fr.	40 c.	28	30
1/5 sur 47 fr.	6	40		
1/10 sur 195 fr.	19	50		
Main-d'œuvre			990	00
Total			1058 fr.	62 c.

Ces chiffres prouvent que l'établissement et la mise en train d'une culture de tabacs dans les vallées du haut Papaloapam coûtent moins cher qu'à Cuba.

Une telle culture rapporte-t-elle plus qu'à Cuba?

Oui, et dès la première année.

M. Schnetz, dans la note qu'il avait remise à M. Lévy, s'exprimait ainsi au sujet du rendement probable d'une culture à Cuba :

« Dans la *Vuelta-Abajo,* l'hectare ne rapporte en moyenne que « 10 balles de tabac. On obtiendra certainement davantage dans des « terres nouvelles, car celles de Cuba sont épuisées. On peut ad- « mettre 50 kilogr. comme poids moyen d'une balle. Le prix du « tabac à la Havane varie entre $ 40 et $ 80 selon les crus. »

D'où il résulte qu'un hectare dans la *Vuelta-Abajo,* coûtant 1300 fr. pour frais de première installation et 1339 fr. chaque année, sans compter la rente de la terre et les impôts, donne en moyenne 500 kilogr. de tabac à 6 fr. le kilogr., soit environ *3000 francs.*

Or, cette année, à Santa-Rosa, un hectare, coûtant 672 fr. pour frais de première installation et 1058 fr. pour dépenses courantes, donnera 2000 kilogr.[1] de tabac à 5 fr. le kilogr.[2] au moins, soit environ *10000 francs.*

Il serait juste d'ajouter à cette somme le prix de la récolte de maïs qui suivra celle des tabacs, sans frais pour ainsi dire, puisque la main-d'œuvre figure dans le compte des tabacs.

---

1. La récolte n'étant pas encore terminée, je ne puis donner qu'un chiffre de rendement approximatif. Le chiffre de 2000 kilogr., probablement inférieur au rendement vrai, est basé sur le nombre des feuilles de tabac et sur leur poids moyen à l'état de dessiccation complète.

Dans le département du Nord, en France, on estime le rendement moyen à 1800 kilogr. par hectare contenant 40000 pieds à 8 feuilles. En Belgique et en Hollande, le rendement de l'hectare atteint 3000 et 3500 kilogr.

2. Nous avons dit que M. Balsa, le plus proche voisin de Santa-Rosa, a vendu, l'an dernier, sa récolte, au prix moyen de 9 fr. 70 c. le kilogramme. Les tabacs de Santa-Rosa sont, croyons-nous, supérieurs à ceux du *Valle-Nacional,* mais il est prudent de supposer qu'on les vendra moins cher et de leur attribuer seulement la valeur de 5 fr., prix qu'on obtiendrait sur place et sans faire aucune démarche.

Les prix des tabacs français, belges et hollandais varient entre 0 fr. 70 c. et 0 fr. 96 c. pour la première qualité, et 0 fr. 18 c. et 0 fr. 20 c. pour les qualités inférieures.

Aux temps prospères de la *Vuelta-Abajo*, le maïs semé en mai sur les terres à tabac et récolté en août payait les frais des deux cultures. Ce calcul sera à peu près exact cette année, à Santa-Rosa, et le prix de vente du tabac pourra être compté tout entier comme bénéfice.

J'ajoute que les frais de transport sont moindres à Santa-Rosa qu'à Cuba. Le transport d'une tonne (1000 kilogr.) de la *Vuelta-Abajo* à la Havane coûte en moyenne 200 fr. et le transport d'une tonne de Santa-Rosa à Vera-Cruz ne coûtera pas 100 fr., même si l'on n'améliore pas cette année les moyens de communication actuels.

Outre les 40 hectares de tabac que M. Schnetz a cultivés directement à Santa-Rosa, la *Compagnie des Tabacs mexicains* s'est assuré la possession de la récolte de plusieurs cultivateurs indiens du voisinage, en leur faisant des avances d'argent.

La municipalité du *pueblo* d'Ojitlan, sur le territoire duquel est situé Santa-Rosa, a consenti un contrat de ce genre. Elle reçoit, depuis octobre dernier, des versements mensuels équivalant au montant des impôts municipaux[1], et elle fait travailler les contribuables, sous forme de prestations, à la culture de vingt hectares de tabac. La commune d'Ojitlan s'est ainsi assimilée à un *habilitado* ordinaire.

J'ai dit plus haut ce que je pensais de ce mode de relations entre le travail et le capital. Les directeurs de la *Compagnie des Tabacs mexicains* sont trop intelligents pour ne pas réformer, dès l'an prochain, les conditions de contrats aussi léonins.

La Compagnie pourra mettre en vente, en juin, juillet et août prochains, environ 125000 kilogr. de tabac, produit tant de sa culture directe que de celle de ses *habilitados*. Il n'y a pas à Cuba plus de dix *vegas* qui puissent livrer au marché un lot aussi considérable.

La *vega* de Santa-Rosa a donc pris rang, dès la première année, parmi les plantations les plus importantes du monde.

Il a fallu, pour atteindre du premier coup ce beau résultat, déployé beaucoup d'activité et de talent.

1. A Ojitlan, chaque habitant mâle, âgé de plus de 16 ans, est soumis à une capitation municipale de 1 réal 1/2, environ 0 fr. 80 c.

L'obstacle principal à la réussite d'entreprises de ce genre est, au Mexique, le manque de capitaux disponibles. Les capitalistes de Mexico placent presque tous leur argent sur hypothèques. Quelques-uns se risquent à acheter une grande ferme (*hacienda*), mais toujours dans le voisinage de la capitale ou dans les États situés au nord ou à l'est de Mexico. Ils connaissent fort peu les États du Sud et point du tout la région où se trouvent les meilleures terres à tabac. D'ailleurs, la culture du tabac au Mexique est, comme je l'ait dit, sinon nouvelle, du moins à l'état d'enfance.

Sans s'arrêter à ces difficultés qu'aggravait encore la crise commerciale, M. Daniel Lévy s'engagea à fournir le capital nécessaire à la mise en culture immédiate de Santa-Rosa. Il eut en cette affaire une confiance inébranlable et communicative, aujourd'hui parfaitement justifiée.

Le colonel mexicain Miguel Cid y Leon avait apporté à l'association 16,000 hectares de terrain. On ne devait pas mettre en valeur cette année la cent-cinquantième partie de la propriété, mais il était bon d'avoir les coudées franches, de pouvoir choisir l'emplacement du premier établissement, d'avoir enfin la possibilité de développer presque indéfiniment les cultures et d'exploiter plus tard les richesses naturelles du pays. Le colonel Cid y Leon apportait d'ailleurs à ses associés non pas seulement ses titres de propriété, mais encore une énergie et une activité peu communes.

J'ai dit quel rôle important a joué le troisième associé, M. Eugène Schnetz. J'ajoute qu'il a su prendre, en peu de mois, beaucoup d'influence et d'autorité morale sur les Indiens des villages voisins. Sans contremaîtres étrangers [1], à force de patience et de compétence, il a fait ouvrir les routes, construire les habitations [2] et les séchoirs et planter les tabacs qu'il récolte aujourd'hui et qu'il manipule en faisant observer strictement les méthodes cubaines.

Les Indiens ont vite reconnu les avantages de ces méthodes. Ils ont, dès le mois de novembre, cherché à imiter, dans leurs cultures particulières, tout ce qui se fait à Santa-Rosa. Le buttage, l'ébour-

1. Les deux contremaîtres cubains ne sont arrivés qu'en février.

2. Les habitations ou *ranchos* du pays se construisent en trois jours, avec des perches, des lianes et des palmes et ne coûtent pas dix piastres.

geonnage, le séchage par couples de feuilles les ont surtout frappés par les résultats presque immédiats que ces procédés ont donnés. La grandeur des feuilles dont beaucoup ont plus d'un mètre de longueur et plus d'un demi-mètre de largeur les a étonnés et charmés. M. Schnetz leur a distribué des graines havanaises ; il leur montrera, cet été, comment on *bénéficie* le tabac et comment on parvient, à l'aide de la science et de l'expérience, à quadrupler la valeur des feuilles.

La municipalité d'Ojitlan envoie chaque semaine à Santa-Rosa les chefs des escouades qu'elle emploie à sa culture, afin qu'ils puissent observer et apprendre.

M. Schnetz me disait à ce propos que la routine des paysans de l'Alsace, son pays, était plus difficile à vaincre que celle des Indiens de Santa-Rosa.

Le pays est très sain en hiver. En été, les imprudences et une mauvaise hygiène prédisposent à la fièvre intermittente.

Les nuits sont toujours fraîches. La température varie entre un minimum de 17 degrés centigrades et un maximum de 25 degrés. Elle est donc, en moyenne, plus élevée que celle de Nice de 4 degrés.

On peut espérer que, grâce à l'initiative prise par MM. Daniel Lévy, Cid y Leon et Schnetz, les ressources de cette belle région du Mexique se développeront rapidement.

Daignez, Monsieur le Ministre, agréer l'assurance de mes sentiments très dévoués et très respectueux.

Louis Lejeune.

DE LA
FERMENTATION ALCOOLIQUE
DE LA DEXTRINE ET DE L'AMIDON
PAR LES MUCORS

Par MM. U. GAYON et E. DUBOURG

La dextrine et l'amidon ne sont pas fermentescibles, c'est-à-dire qu'en présence de la levure de bière, ces corps n'éprouvent pas, même indirectement, la fermentation alcoolique. Pour qu'ils puissent servir à la production de l'alcool, il faut qu'ils soient d'abord saccharifiés. Leur saccharification se fait d'ordinaire par l'action des acides étendus ou par le malt ; elle peut aussi s'effectuer par des bactéries[1] ou par des moisissures[2] ; mais on ne connaît pas jusqu'ici de ferment capable, à lui seul, d'opérer à la fois cette hydratation et la transformation du sucre réducteur en alcool.

Il en résulte que, si l'on ensemence de la levure de bière (*Saccharomyces*) dans des mélanges de dextrine et de substances fermentescibles (maltose ou glucose), celles-ci se transforment seules en

1. D'après deux notes insérées aux *Comptes rendus de l'Académie des sciences* (t. XCV, p. 345 et 356 ; 1882), M. V. Marcano aurait obtenu la fermentation *directe* de la fécule par les vibrions. Cette conclusion est inexacte, parce que les cultures faites par l'auteur renfermaient des organismes variés, et que, si les uns étaient des agents d'hydratation de la fécule, les autres étaient des ferments ou levures alcooliques.

2. L'*Eurotium oryzæ*, avec lequel les Japonais préparent le *Kôji*, sécrète un ferment soluble qui saccharifie avec énergie l'empois d'amidon. (W. Atkinson, *Moniteur scientifique*, (3), t. XXIV, p. 7 ; 1882.)

acide carbonique et alcool, et la dextrine reste intacte. Le fait a été nettement établi par O'Sullivan pour le moût de bière[1].

I.

Il nous a paru utile de faire la même constatation à l'aide de levures *pures*, non sur du moût de bière, dont la composition complexe[2] se prête mal à ce genre d'expériences, mais sur des mélanges simples de dextrine et de glucose, de dextrine et de maltose.

1° *Fermentation d'un mélange de dextrine et de glucose.* — Le 10 juin, nous ensemençons avec une levure *inversive* une fiole de culture contenant le mélange précédent en dissolution dans de l'eau de levure.

L'analyse du liquide, faite à divers moments, pendant la fermentation, a donné :

	GLUCOSE.	DEXTRINE.
	P. 100.	P. 100.
Le 10 juin	4.7	2.3
Le 12 juin	2.0	2.3
Le 15 juin	0.8	2.2

Parallèlement à cet essai, nous avons disposé une seconde fiole contenant le même mélange de dextrine et de glucose, mais ensemencée avec de la levure *non inversive*. Les résultats de l'analyse ont été :

	GLUCOSE.	DEXTRINE.
	P. 100.	P. 100.
Le 10 juin	4.7	2.3
Le 12 juin	2.7	2.0
Le 15 juin	0.9	2.1

Quelle que soit la nature de la levure employée, on voit que la proportion de dextrine n'a pas varié, tandis que le glucose a diminué régulièrement pendant la fermentation.

1. Duclaux, *Microbiologie*, p. 449 et 461.

2. Le moût de bière renferme, en dehors des matières azotées et minérales, du maltose, de la dextrine, du sucre cristallisable, d'autres hydrates de carbone fermentescibles et des hydrates de carbone non fermentescibles. Cela résulte des travaux de O'Sullivan (Duclaux, *Microbiologie*, p. 449) et de Kjeldahl (*Résumé des travaux du laboratoire de Carlsberg*, p. 189).

2° *Fermentation d'un mélange de dextrine et de maltose.* — On obtient facilement un pareil mélange en saccharifiant de l'empois d'amidon par de l'extrait de malt. Deux essais, faits avec une même levure inversive, dans de l'eau de levure concentrée, ont donné, avant et après la fermentation :

	I AMIDON SACCHARIFIÉ à $t = 52°$.		II AMIDON SACCHARIFIÉ à $t = 76°$.	
	Maltose.	Dextrine.	Maltose.	Dextrine.
	P. 100.	P. 100.	P. 100.	P. 100.
Avant la fermentation. . . .	3.7	1.1	5.3	3.9
Après la fermentation. . . .	0.5	1.2	0.2	3.9

Comme dans les mélanges de glucose et de dextrine, ce dernier corps est resté inattaqué par les ferments solubles de la levure de bière.

II.

Si les divers *Saccharomyces,* inversifs ou non, sont incapables de fixer sur la dextrine et, *à fortiori,* sur l'amidon, l'eau nécessaire à leur transformation en substances fermentescibles, plusieurs variétés de Mucors jouissent au contraire de cette propriété et, en outre, font fermenter les produits de la saccharification.

Le Mucor qui, le premier, nous a donné ce double résultat, et que nous avons spécialement étudié, est représenté, sous ses divers aspects, dans la planche à la fin de ce mémoire.

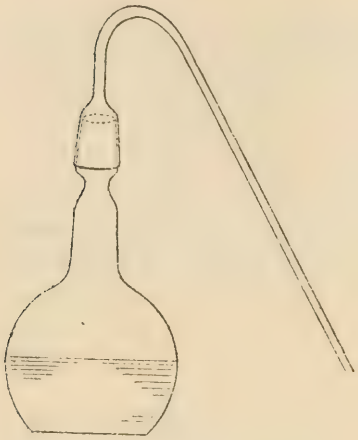
Il se développe facilement dans la plupart des liquides ordinaires de culture : jus sucrés, eau de levure, liquide Raulin, moûts de bière ou de raisin, etc.

Ensemencé dans de l'eau de levure, par exemple, il produit un mycélium unicellulaire, très ramifié, qui donne naissance en différents points à des filaments fructifères, dont les principales formes sont dessinées dans les figures 6, 7 et 8 de la planche.

Le développement de ces filaments fructifères est facile à observer dans la chambre humide de MM. Van Tieghem et Le Monnier[1]. On

1. *Recherches sur les Mucorinées* (*Annales des Sciences naturelles,* 5e série, Botanique, t. XVII ; 1873).

voit d'abord pousser hors du liquide nutritif une tige droite, qui se retourne bientôt en crosse, se renfle à son extrémité et donne naissance à un sporange de forme sphérique (fig. 1); puis, en moins de 24 heures, la tige précédente se ramifie en un point de sa courbure et fournit une branche secondaire qui s'incurve à son tour, mais du côté opposé à la première, et se termine par un second sporange (fig. 2); une nouvelle ramification engendre un troisième sporange incliné du côté du premier (fig. 3), et ainsi de suite. Le nombre des sporanges ainsi formés sur un même filament fructifère peut aller jusqu'à 10 et 12, décroissant de diamètre du premier jusqu'au dernier. Leur alternance étant la règle habituelle, notre moisissure a reçu de M. Van Tieghem le nom de *Mucor alternans*.



La disposition la plus commune est celle d'une cyme unipare héliçoïdale à peu près régulière. Cependant, on observe quelques particularités dans le développement des rameaux successifs. Ainsi, dans la figure 7, le deuxième sporange à partir de la base, est porté sur un long filament dressé, placé du même côté que le premier; dans la figure 6, le filament primitif a fourni deux branches principales; et, sur l'une d'elles, les cinq plus jeunes sporanges sont portés par des pédoncules longs et grêles.

Par ses filaments à tige courte et incurvée, le *Mucor alternans* rappelle le *Mucor circinelloides*, et par ses tiges longues et rameuses il rappelle le *Mucor racemosus*.

Les spores du *Mucor alternans* sont elliptiques, à surface lisse, et mesurent de 5 à 6 millièmes de millimètre de longueur sur 2 à 3 millièmes de millimètre de largeur (fig. 5); elles sont renfermées dans une membrane incrustée de petites aiguilles cristallines et groupées autour d'une columelle sphérique (fig. 4), dont la base

conserve toujours, en forme de collerette, un débris de la membrane extérieure.

Cultivé dans une dissolution de sucre de canne, le *Mucor alternans* se développe exclusivement en mycélium et fructifie comme dans l'eau de levure non sucrée. Il se comporte alors comme le *Mucor circinelloides*[1] et comme les levures non inversives[2] qui, ne sécrétant pas d'invertine, n'ont pas le pouvoir de faire fermenter le sucre cristallisable[3].

Au contraire, dans une dissolution de glucose, il prend immédiatement l'état de grosses cellules sphériques, très bourgeonnées (fig. 10) et provoque une fermentation active.

Dans du moût de bière, dans des solutions de maltose, de dextrine et même de glucose impur, dans de l'empois d'amidon, il produit d'abord des tubes mycéliens qui se gonflent bientôt, se cloisonnent et forment une succession d'articles à peu près cylindriques (fig. 9, *a*); puis, ces articles s'arrondissent en boules (*b* et *c*), se séparent les uns des autres et se reproduisent finalement à l'état de cellules sphériques, pendant toute la durée de la fermentation alcoolique.

III.

Fermentation de la dextrine. — Le *Mucor alternans* fait fermenter la dextrine, qu'elle soit seule ou mélangée avec des substances directement fermentescibles.

Toutes nos expériences ont été faites dans des matras Pasteur de grandes dimensions, dont le bouchon conique en verre était ter-

---

1. U. Gayon, *De la Fermentation alcoolique avec le* Mucor circinelloides (*Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XIV ; 1878).

2. E. Roux, *Bulletin de la Société chimique de Paris*, t. XXXV, p. 371 ; 1881.

E.-Ch. Hansen, *Travaux du laboratoire de Carlsberg*. Résumé, t. Ier, p. 174 ; 1881.

L. Boutroux, *Annales des sciences naturelles*. Botanique, 6e série, t. XVII, p. 194.

3. Si, pendant que la moisissure se développe, une cause quelconque, par exemple la présence accidentelle d'une bactérie, vient à intervertir le sucre, alors il y a fermentation. Nous avons obtenu ainsi 4.1 p. 100 d'alcool en moins d'un mois. Cet accident démontrerait une fois de plus, si cela était nécessaire, combien il importe, dans l'étude des infiniment petits, d'opérer toujours avec des espèces bien pures.

miné par un tube recourbé. Ainsi modifiés, ces appareils permettent de faire aisément la stérilisation des liquides de culture, les ensemencements et les prises d'essai pour les analyses ou pour les observations microscopiques.

1° *Dextrine seule.* — Le 19 juin, on a fait dissoudre dans de l'eau de levure de la dextrine exempte de sucre réducteur, et l'on a ensemencé la solution avec quelques cellules de *Mucor alternans*. La fermentation a été lente et s'est prolongée jusqu'au 5 juillet. Il n'y a jamais eu de traces dosables de sucre réducteur, et néanmoins la dextrine a progressivement diminué, comme le montrent les chiffres suivants :

	DEXTRINE.
	P. 100.
Le 19 juin	2.73
Le 25 juin	1.49
Le 29 juin	0.82
Le 5 juillet	0.60

On a recueilli 1 p. 100 d'alcool pur et 0gr,72 à l'état sec, de cellules-ferments.

Voici une autre expérience faite avec une proportion plus forte de dextrine :

Le 10 juillet, on a ensemencé avec du Mucor jeune deux dissolutions de dextrine, l'une dans du bouillon de veau, l'autre dans de l'eau de levure. La fermentation, d'abord très active, s'est ralentie vers le 25 juillet, et s'est arrêtée avant la disparition complète de la dextrine. Les poids restants de cette substance ont été successivement :

	AVEC BOUILLON de veau.	AVEC EAU de levure.
	P. 100.	P. 100.
Le 10 juillet	8.91	8.82
Le 13 juillet	6.00	6.93
Le 26 juillet	4.41	5.70
Le 3 août	4.32	3.95
Le 19 août	3.57	3.19

La fermentation a donc fait disparaître plus de 5 p. 100 de dextrine, ayant produit 2.8 p. 100 d'alcool.

Lorsque le milieu est très favorable, la richesse alcoolique peut

atteindre et dépasser 4 p. 100, comme dans l'expérience ci-dessous :

	ALCOOL FORMÉ en volume.
	P. 100.
Après 4 jours.	1.6
Après 20 jours	2.8
Après 28 jours	4.0
Après 45 jours	4.2

Avec la dextrine, même en excès, on ne peut guère pousser plus loin la fermentation, sans doute parce que la présence de l'alcool formé gêne le développement du Mucor.

2° *Mélange de dextrine et de maltose.* — Si l'on ensemence avec du Mucor le mélange provenant de la saccharification de l'empois d'amidon par l'extrait de malt, le maltose et la dextrine disparaissent ensemble, tandis qu'avec la levure de bière, le maltose seul fermente. Nous ne citerons qu'une expérience, commencée le 23 septembre et terminée le 11 octobre suivant.

Les poids de maltose et de dextrine ont varié comme il suit :

	MALTOSE.	DEXTRINE.
	P. 100.	P. 100.
Le 23 septembre	5.35	3.94
Le 30 septembre	1.95	1.97
Le 4 octobre.	1.89	1.17
Le 11 octobre	2.78	0.10

L'alcool formé a été de 4.5 p. 100 en volume.

On remarquera que la dextrine a diminué jusqu'au dernier jour, et que le maltose, après avoir diminué comme la dextrine, a augmenté vers la fin de l'expérience; ce dernier fait s'explique, comme on le verra plus loin, par l'action saccharifiante de la levure de Mucor.

3° *Moût de bière et bière.* — O'Sullivan a démontré que la dextrine contenue dans le moût de bière résiste à l'action des levures de brasserie, et qu'elle se retrouve tout entière dans la bière achevée. Aussi, quand on fait agir des levures pures, jeunes et très actives, inversives ou non inversives, sur des bières anciennes privées de leur alcool par le vide ou par l'ébullition, n'obtient-on que des traces

de fermentation, et n'arrive-t-on pas à détruire la dextrine. Il reste même toujours une certaine proportion de sucre réducteur. Au contraire, si l'on fait agir sur les mêmes bières du *Mucor alternans*, la fermentation recommence avec énergie, et tous les hydrates de carbone sucrés ou matières saccharifiables, réducteurs ou non, se transforment en alcool.

Voici, par exemple, trois bières d'origines très différentes, prises dans le commerce : l'alcool ayant été enlevé à l'aide du vide et le liquide stérilisé par la chaleur, on ensemence, le 24 juillet, avec du Mucor et on met à l'étuve. L'analyse, faite plusieurs fois pendant la durée de la fermentation, a donné :

a — **Bière Grüber, de Strasbourg.**

	ROTATION en divisions saccharimétriques.	MALTOSE.	DEXTRINE.
	—	—	—
		P. 100.	P. 100.
Le 24 juillet	70	1.70	2.77
Le 10 août	3	Traces.	0.50
Le 24 août	0.5	Id.	0.04
Le 1er septembre	0	Id.	Traces.

Alcool formé : 3.8 p. 100.
Poids de la levure de Mucor, à l'état sec : 1gr,04.

b. — **Bière Fischer, de Bordeaux.**

	ROTATION en divisions saccharimétriques.	MALTOSE.	DEXTRINE.
	—	—	—
		P. 100.	P. 100.
Le 24 juillet	114.5	2.34	3.79
Le 10 août	29.5	1.84	0.96
Le 24 août	9	0.84	0.14
Le 1er septembre.	2.5	0.15	0.09

Alcool formé : 4.6 p. 100.
Poids de la moisissure à l'état sec : 1gr,27.

c. — **Bière brune de Bavière.**

	ROTATION en divisions saccharimétriques.	MALTOSE.	DEXTRINE.
	—	—	—
		P. 100.	P. 100.
Le 24 juillet	69.5	1.44	2.97
Le 10 août	4	»	»
Le 24 août	1	0.05	0.16
Le 1er septembre.	0	Traces.	Traces.

Alcool formé : 3.7 p. 100.
Poids du ferment à l'état sec : 1gr,12.

L'expérience réussit également bien avec des bières très vieilles ; nous avons choisi, comme exemple, deux échantillons de bières fabriquées au laboratoire de M. Pasteur en janvier 1873 et conservées depuis lors en bouteilles. Bien qu'âgées de 15 ans, elles sont encore très saines, limpides et agréables au goût[1].

Après avoir chassé l'alcool par ébullition et reconstitué le volume primitif avec de l'eau distillée, on les a ensemencées, le 9 octobre, avec de la levure jeune de *Mucor alternans* ; en moins de quinze jours, leur fermentation était achevée.

L'analyse a donné :

		ROTATION en divisions saccharimétriques.	MALTOSE.	DEXTRINE.	ALCOOL.
		—	—	—	—
			P. 100.	P. 100.	P. 100.
Bière n° 1 .	Le 9 octobre . .	59.4	1.16	1.65	»
	Le 24 octobre. .	0	Néant.	Néant.	4
Bière n° 2 .	Le 9 octobre . .	52.2	0.94	1.80	»
	Le 24 octobre. .	0	Néant.	Néant.	3

L'absence complète de rotation et de réduction, avant comme après traitement du liquide final par l'acide sulfurique, prouve que non seulement le maltose et la dextrine avaient disparu, mais qu'il en a été de même des hydrates de carbone non fermentescibles, dont la présence est admise dans la bière.

Les liquides obtenus après la fermentation complète de la bière

1. Grâce au voile de cellules aérobies qui s'était formé à la surface du liquide, nous avons pu rajeunir la levure ayant servi à la préparation de ces bières.

sont plats au goût, manquent de bouche, et ne conservent que le parfum dû aux matières provenant du houblon.

Les résultats qui précèdent font prévoir que, avec le moût lui-même, la bière faite par le Mucor sera plus alcoolique que la bière faite parallèlement avec une levure ordinaire. C'est ainsi que, toutes choses égales d'ailleurs, nous avons obtenu, du 9 août au 14 septembre :

	ALCOOL. P. 100.
Avec de la levure de brasserie	5.2
Avec le *Mucor alternans*	6.5

Le 15, on a chassé l'alcool formé à l'aide du vide, pour ne pas tuer les levures, et on a remis les liquides à l'étuve. La fermentation a repris d'elle-même, mais seulement avec le Mucor; elle s'est poursuivie jusqu'au 1er octobre suivant, jour où l'on a fait un nouveau dosage d'alcool, qui a donné :

	ALCOOL. P. 100.
Avec la levure de brasserie	0.5
Avec le *Mucor alternans*	3.4

Le même moût de bière a donc donné, au total, dans ces deux périodes de fermentation :

	ALCOOL. P. 100.
Avec la levure de brasserie	5.7
Avec le *Mucor alternans*	9.9

soit une augmentation totale de 4.2 p. 100 en faveur du Mucor.

Le *Mucor alternans* constitue donc un ferment susceptible de rendre des services dans la production des boissons fermentées ou de l'alcool. Si son application pouvait être généralisée, il dispenserait des acides et permettrait l'emploi exclusif du malt pour la saccharification des matières féculentes.

Son action ne s'exerce pas seulement sur la dextrine ; elle s'étend aussi à l'empois d'amidon, qui est saccharifié en partie et fermente, si le milieu est favorable à son développement.

IV.

Fermentation de l'amidon. — On a stérilisé, par la chaleur, de l'eau de levure contenant de l'amidon et de l'eau ordinaire tenant en suspension de la pulpe de pommes de terre ; puis, après refroidissement, on a ensemencé les deux liquides avec de la levure de Mucor ; des bulles de gaz se sont dégagées ; la moisissure s'est développée sous la forme de cellules sphériques, et, au bout de trois semaines, la proportion d'alcool formé était :

	ALCOOL.
	P. 100.
Avec l'eau de levure amidonnée	1.5
Avec la pulpe de pommes de terre	2.2

Les matières fermentées ont une odeur agréable et donnent, à la distillation, des produits éthérés plus volatils que l'alcool ordinaire.

V.

Le *Mucor alternans* n'est pas le seul qui ait la propriété de faire fermenter la dextrine. Nous avons cultivé une variété de *Mucor racemosus* presque aussi actif que celui-là.

Des spores de cette dernière moisissure, ensemencées le 28 octobre dans une dissolution nutritive de dextrine commerciale, se sont développées d'abord en tubes mycéliens, puis en cellules-ferments ; le liquide s'est appauvri en hydrates de carbone et enrichi au contraire en alcool :

	MALTOSE.	DEXTRINE.	ALCOOL FORMÉ.
	P. 100.	P. 100.	P. 100.
Le 28 octobre.	1.06	8.00	»
Le 6 novembre	0.66	6.43	0.8
Le 17 novembre.	0.39	5.18	2.1

Dans le même temps, avec la même solution de dextrine, le *Mucor alternans* a donné 3 p. 100 d'alcool.

Avec de la bière privée d'alcool, le résultat a été le même :

	ROTATION en divisions saccharimétriques.	MALTOSE.	DEXTRINE.	ALCOOL formé.
		P. 100.	P. 100.	P. 100.
Le 13 mai.	102	1.92	3.29	»
Le 17 mai.	52	2.67	1.26	1.3
Le 14 juin.	22	2.67	0.36	2.0

Dans les mêmes conditions, le *Mucor alternans* a fait 2.6 p. 100 d'alcool.

Il est probable que tous les Mucors capables de donner des cellules-ferments se comportent comme les précédents vis-à-vis de la dextrine et de l'empois d'amidon. Tel doit être le cas du *Mucor circinelloides* qui, d'après M. Bainier, se transforme en boules dans les solutions de dextrine[1], et qui, cultivé dans le moût de bière, parallèlement à de la levure ordinaire, a paru épuiser plus ce moût en dextrine que la levure[2].

VI.

Comment le *Mucor alternans* agit-il dans la fermentation de la dextrine et de l'amidon? Transforme-t-il directement ces substances en alcool et acide carbonique, ou bien les change-t-il d'abord en sucre fermentescible? Les faits concordent avec cette dernière hypothèse, comme le montre nettement l'expérience suivante :

De l'eau de levure, contenant 10 p. 100 de dextrine commerciale, a été ensemencée le 17 août avec de la levure de Mucor; la fermentation a été assez active durant les quinze premiers jours; puis, elle s'est beaucoup ralentie. Le dosage du sucre réducteur et de la dextrine, en supposant, ce qui sera démontré plus loin, que le premier corps est du maltose, a donné successivement :

	SUCRE RÉDUCTEUR exprimé en maltose.	DEXTRINE.	POIDS TOTAL du maltose et de la dextrine.
	—	—	—
	P. 100.	P. 100.	P. 100.
Le 17 août	0.78	8.15	8.93
Le 21 août	0.90	6.42	7.32
Le 6 septembre	0.48	5.32	5.80
Le 14 septembre	2.50	2.66	5.16
Le 1er octobre	3.57	1.47	5.04

Pendant la première partie de cette expérience, où la fermentation était le plus active, le sucre réducteur et la dextrine ont dimi-

1. Bainier, *Nouvelles observations sur les zygospores des mucorinées* (*Annales des Sciences naturelles*. Botanique, 6e série, t. XIX, p. 201 et 206 ; 1884).

2. U. Gayon, *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XIV, note de la page 279 ; 1878.

mué ensemble, mais la dextrine bien plus que le maltose; au total, plus de 3 p. 100 de matières ont fait de l'alcool.

Au contraire, pendant la seconde partie de l'expérience, où la fermentation a été à peu près nulle, le poids total de matière a peu varié, et cependant une grande partie de la dextrine s'est transformée en maltose.

La levure de Mucor jouit donc de la propriété de saccharifier la dextrine; mais, comme elle possède aussi la propriété de faire fermenter le maltose, si ce dernier sucre disparaît plus vite qu'il ne se forme, la dextrine semblera fermenter directement; c'est le phénomène qui s'est produit au début de notre expérience. A la fin, le pouvoir ferment du Mucor s'est affaibli par la présence de l'alcool, et son pouvoir saccharifiant l'a emporté.

Les chiffres suivants montrent bien comment ont varié ces deux pouvoirs durant l'expérience :

	MALTOSE TROUVÉ.	MALTOSE FORMÉ (pouvoir saccharifiant).	MALTOSE FERMENTÉ (pouvoir ferment).
	P. 100.	P. 100.	P. 100.
Le 17 août.	0.78	»	»
Le 21 août.	0.90	1.83	1.71
Le 6 septembre . . .	0.48	1.17	1.59
Le 14 septembre. . .	2.50	2.82	0.80
Le 1er octobre. . . .	3.57	1.26	0.19

C'est par des variations analogues du pouvoir saccharifiant et du pouvoir ferment du Mucor que s'explique le résultat de la page 425, où le poids de maltose a d'abord diminué, puis augmenté, tandis que le poids de dextrine a régulièrement diminué. On déduit en effet des nombres trouvés dans l'expérience dont il s'agit :

	MALTOSE FORMÉ.	MALTOSE FERMENTÉ.
	P. 100.	P. 100.
Le 30 septembre.	2.08	5.48
Le 4 octobre	0.85	0.91
Le 11 octobre.	1.13	0.24

D'après cela, s'il arrive, dans des conditions favorables, que le pouvoir ferment soit toujours supérieur au pouvoir saccharifiant, le liquide pourra ne jamais renfermer de sucre réducteur libre. Nous avons trouvé un exemple de ce cas particulier à la page 433,

où la dextrine est restée sans action réductrice sur la liqueur de Fehling.

Au lieu de laisser le pouvoir ferment du Mucor s'affaiblir de lui-même par la fermentation, on peut l'arrêter par une élévation de la température. Dans ces nouvelles conditions, si l'on se maintient entre 40° et 70°, la dextrine se transforme encore en maltose. A une température plus élevée, aucune réaction ne se produit.

Une première série d'expériences a été faite en faisant d'abord développer le Mucor, à la température ordinaire, dans des solutions nutritives de dextrine, puis en portant la température à 55° pendant 48 heures. Le résultat a été :

	I		II	
	MALTOSE.	DEXTRINE.	MALTOSE.	DEXTRINE.
	P. 100.	P. 100.	P. 100.	P. 100.
Avant	0.48	6.16	0.90	6.42
Après	3.78	2.77	2.00	4.76

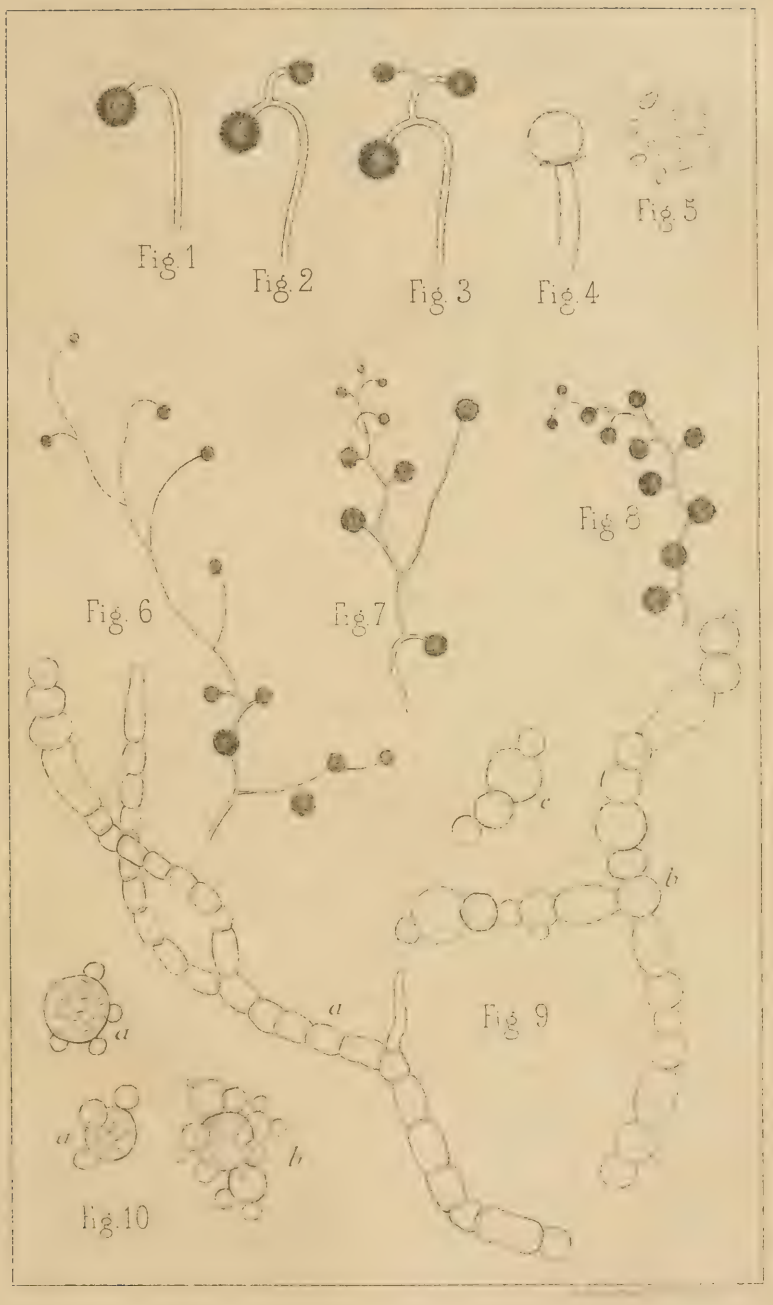
Dans une autre expérience, on a préparé d'avance une certaine quantité de levure de Mucor, qu'on a mise ensuite en contact avec une solution aqueuse de dextrine bien purifiée par l'alcool, et privée de tout sucre réducteur par une fermentatian prolongée. La température étant encore de 55°, on a eu :

	MALTOSE.	DEXTRINE.
	P. 100.	P. 100.
Avant	Néant.	1.43
Après 24 heures	0.09	1.35
Après 48 heures	0.23	1.21

En se plaçant dans ces dernières conditions, on peut mettre aussi en évidence la saccharification de l'empois d'amidon et expliquer par suite comment ce corps a fermenté avec le *Mucor alternans*. L'expérience, faite à 55°, a donné :

	MALTOSE.	DEXTRINE.
	P. 100.	P. 100.
Avant	Néant.	Néant.
Après 24 heures	0.12	Traces.
Après 48 heures	0.78	0.09

MUCOR ALTERNANS



VII.

La saccharification de la dextrine et de l'amidon par le *Mucor alternans*, telle qu'elle s'est produite dans nos expériences, ne peut s'expliquer que par l'action d'une diastase, car elle cesse à une température supérieure à 70°-75°.

Cette diastase peut d'ailleurs être isolée par les méthodes connues. On la sépare, par exemple, en faisant digérer la levure de Mucor dans de l'eau distillée, et précipitant par l'alcool. Le coagulum, recueilli sur un filtre, séché sur l'acide sulfurique, puis redissous en partie dans une solution aqueuse de dextrine, a donné, en 48 heures, à la température de 55° :

	MALTOSE.	DEXTRINE.
	P. 100.	P. 100.
Avant.	0.13	3.91
Après 48 heures	0.38	3.68

Pour contrôler les résultats de l'expérience, une partie du précipité avait été dissoute dans l'eau pure et placée dans les mêmes conditions : le liquide n'a pas réduit la liqueur de Fehling. Une autre partie du précipité, dissoute dans la même dissolution de dextrine que la première, mais maintenue à 100°, n'a pas fait varier la proportion initiale de sucre réducteur.

Agissant sur l'empois d'amidon, toujours à 55°, la diastase du Mucor a manifesté son action comme il suit :

	MALTOSE.	DEXTRINE.
	P. 100.	P. 100.
Avant.	Néant.	1.10
Après 48 heures	0.10	1.01

La levure de Mucor sécrète donc une diastase qui, comme l'amylase du malt ou de l'*Eurotium oryzæ*, saccharifie l'amidon et la dextrine ; mais elle n'en fournit que de petites quantités, car, on a pu le remarquer, son action est toujours très limitée.

A l'état de mycélium, le Mucor est dépourvu du pouvoir saccharifiant, comme du pouvoir inversif; sous cette forme, il ne sécrète ni amylase, ni invertine.

VIII.

Nous avons admis jusqu'ici que le sucre réducteur produit par le Mucor aux dépens de la dextrine ou de l'amidon était du maltose, et non du glucose. Pour le démontrer, on rencontre des difficultés spéciales dues surtout à la petite quantité de diastase sécrétée par la moisissure et à la faible proportion de sucre qu'elle est, par suite, capable d'engendrer.

Si l'on essaie, par exemple, de résoudre le problème en tenant compte de la rotation et de la réduction, on n'arrive qu'à des résultats incertains, comme il est facile de le montrer.

Prenons, en effet, une solution de dextrine à 10 p. 100, qui donne par la saccharification avec les acides 11.11 p. 100 de glucose, et supposons qu'elle produise, en présence du Mucor, des quantités croissantes de sucre réducteur. Sachant que le pouvoir réducteur du maltose est les deux tiers de celui du glucose, et admettant que le pouvoir rotatoire du glucose est 53°, celui du maltose 150°, celui de la dextrine 253°, on peut calculer la rotation du mélange, dans les deux hypothèses où le sucre réducteur serait soit du maltose, soit du glucose.

En effectuant ce calcul pour le cas où, comme dans nos essais, les rotations sont observées avec des tubes de 20 centimètres de longueur, et exprimées en degrés saccharimétriques[1], on obtient le tableau suivant :

1re HYPOTHÈSE.			2e HYPOTHÈSE.			DIFFÉRENCE des rotations.
Maltose formé.	Dextrine non transformée.	Rotation ρ	Glucose formé.	Dextrine non transformée.	Rotation ρ'	$\rho - \rho'$
P. 100.	P. 100.		P. 100.	P. 100.		
0	10.00	196.0	0	10.00	196.0	0
1	9.05	191.3	0.67	9.40	187.6	3.7
2	8.11	186.5	1.33	8.80	179.0	7.5
3	7.16	181.7	2.00	8.20	170.5	11.2
4	6.22	177.1	2.67	7.60	162.0	15.1
5	5.27	172.2	3.33	7.00	153.4	18.8

On voit que les deux hypothèses conduisent à des rotations dont

1. D'après les recherches de MM. V. de Luynes et A. Girard (C. R., t. LXXX, p. 1354 ; 1875), le pouvoir rotatoire du sucre cristallisable est de 67°31, et tel que 16gr,19 de ce sucre dissous avec de l'eau dans une fiole de 100 cent. cubes, donnent, dans un tube de 20 centimètres de longueur, une rotation de 21°48′ (rotation d'une

les différences sont très faibles et ne dépassent pas sensiblement les erreurs d'observation pour les proportions de dextrine transformée dans nos expériences.

La méthode ne convient donc pas dans le cas actuel. Elle comporte d'ailleurs d'autres causes d'incertitude : doutes sur la valeur réelle des pouvoirs rotatoires de la dextrine, du maltose, et même du glucose ; action propre de la dextrine sur la liqueur de Fehling, si l'ébullition se prolonge, etc.

Mais on peut heureusement tourner la difficulté, en faisant agir la levure de Mucor sur le maltose lui-même et en cherchant si ce corps se transforme en glucose. S'il ne se forme pas de glucose dans ces conditions, il est évident que le sucre réducteur produit par l'hydratation de la dextrine ou de l'amidon est du maltose. Or, c'est là ce qui arrive.

Voici, par exemple, deux expériences dans lesquelles une solution de maltose pur, dont le pouvoir rotatoire à l'état anhydre était exactement de 150°, a été laissée en contact avec de la levure de *Mucor alternans* pendant 24 heures. La rotation a été mesurée en degrés saccharimétriques, le sucre réducteur a été exprimé en maltose, et, de la rotation observée, on a déduit, par le calcul, le poids correspondant de maltose. On a formé ainsi le tableau suivant :

		ROTATION observée.	MALTOSE DOSÉ par réduction.	MALTOSE DÉDUIT de la rotation.	DIFFÉRENCE
		—	—	—	—
			P. 100.	P. 100.	P. 100.
1re expérience.	Avant .	30.0	2.11	2.18	0.07
	Après .	18.2	1.02	1 32	0.30[1]
2e expérience .	Avant .	27.6	2.00	2.00	0.00
	Après .	24.2	1.56	1.76	0.20

plaque de quartz de un millimètre d'épaisseur) ou de 100 divisions saccharimétriques. Donc, le poids de maltose qui donnera la même rotation, toutes choses égales d'ailleurs, sera exprimé par $\frac{16.19 \times 67\ 31}{150} = 7^{gr},26$. On trouvera de même, pour le glucose $2^{gr},06$, et pour la dextrine $5^{gr},12$.

1. Le pouvoir rotatoire du maltose en solution aqueuse ne reste pas constant ; il augmente légèrement pendant les premières heures ; exemple :

			P. 100.
Rotation initiale.	23.3	Maltose correspondant. . .	1.69
— après une heure .	25.0	— — . . .	1.82
— après six heures .	26.6	— — . . .	1.93

Il y a donc une augmentation apparente du maltose de 0.24 p. 100, qui explique la différence observée plus haut.

Les différences entre le calcul et l'observation sont négligeables, ce qui indique que le maltose employé était pur et qu'il ne s'est pas transformé en glucose, malgré la fermentation. Si, au contraire, il s'était fait du glucose, on aurait eu de grandes différences, comme ci-après :

	ROTATION FINALE observée.	GLUCOSE DOSÉ par réduction.	GLUCOSE DÉDUIT de la rotation.	DIFFÉRENCE.
	—	—	—	—
		P. 100.	P. 100.	P. 100.
1re expérience. . .	18.2	0.68	3.75	3.07
2e expérience. . .	24.2	1.04	4.99	3.95

Le sucre réducteur engendré par la diastase du *Mucor alternans* est donc du maltose.

En résumé, certains Mucors, spécialement le *Mucor alternans*, font fermenter la dextrine et l'amidon, comme la levure ordinaire fait fermenter le sucre de canne, c'est-à-dire après les avoir transformés, par hydratation, en sucre directement fermentescible.

EXPLICATION DE LA PLANCHE

Fig. 1. — Filament fructifère du *Mucor alternans* recourbé en crosse et terminé par un sporange sphérique. $G = \frac{200}{1}$.

Fig. 2. — Filament fructifère avec deux sporanges alternes. $G = \frac{200}{1}$.

Fig. 3. — Filament fructifère avec trois sporanges alternes. $G = \frac{200}{1}$.

Fig. 4. — Columelle sphérique lisse, portant à sa base un reste de la membrane extérieure du sporange. $G = \frac{500}{1}$.

Fig. 5. — Spores elliptiques du *Mucor alternans*. $G = \frac{500}{1}$.

Fig. 6, 7 et 8. — Aspects divers des organes de reproduction du Mucor. $G = \frac{100}{1}$.

Fig. 9. — États successifs du mycélium dans une solution de dextrine : *a*, filament né d'une cellule-ferment, divisé en articles cylindriques ; *b*, filament dont les articles sont gonflés et arrondis ; *c*, articles détachés du filament précédent. $G = \frac{500}{1}$.

Fig. 10. — Cellules-ferments en voie de multiplication dans un liquide en fermentation : *aa*, cellules peu bourgeonnées ; *b*, cellule-mère entourée de cellules nombreuses, de première et de deuxième génération. $G = \frac{500}{1}$.

SUR

LA DISSÉMINATION DU FERMENT NITRIQUE

ET SUR SON RÔLE

DANS LA DÉSAGRÉGATION DES ROCHES

Par M. A. MÜNTZ

PROFESSEUR A L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE

Les roches subissent incessamment des actions désagrégeantes qui détachent de leur surface des particules dont l'accumulation constitue les éléments terreux.

Parmi ces causes, il en est une dont l'importance est difficile à apprécier, mais qui est loin d'être négligeable : c'est l'action de la végétation. Que ce soient les végétaux supérieurs agissant par leurs racines ou des plantes cryptogamiques, dont les cellules s'attachent à la roche, un effet de même ordre se produit.

Sur les surfaces nues des rochers, principalement dans les hautes montagnes, nous voyons en abondance les lichens attachés à la pierre, sans aucune interposition de terre végétale. Ces plantes exercent sur les éléments de la roche une action chimique en même temps qu'une action mécanique et contribuent à séparer les éléments minéralogiques agglomérés.

Quoique ces causes soient d'une faible intensité dans un temps considéré, leur effet ne saurait être négligé ; comme toutes les causes lentes mais continues, elles opèrent des modifications qui deviennent importantes par leur durée.

La plupart des phénomènes géologiques auxquels nous devons

attribuer l'aspect actuel des couches superficielles de l'écorce terrestre, ont procédé de cette manière.

La similitude de fonctions entre les plantes cryptogamiques dont l'effet est visible et les organismes microscopiques, dont M. Pasteur nous a fait connaître le rôle considérable dans la nature, m'a engagé à rechercher si ces derniers ne pouvaient pas, au même titre que les lichens, contribuer à agir sur la surface des roches pour opérer la séparation de leurs éléments et être ainsi une des causes qui désagrègent la charpente solide de la croûte terrestre, pour former les particules fines constituant la terre végétale.

Mes recherches, dirigées dans ce sens, ont eu pour origine l'étude de la dissémination du micrococcus de la nitrification, dont nous avons signalé l'existence, M. Schlœsing et moi, il y a plus de dix ans.

Frappé de ce fait, que ce ferment existe à la surface de la terre dans les conditions les plus diverses et à tel point abondant qu'il serait difficile de trouver une parcelle terreuse qui n'en fût pas envahie, j'ai été amené à le chercher sur les roches dénudées des hautes montagnes et à lui attribuer une action dans les faits qui concourent à les transformer en parties sableuses.

Quoique les organismes généralement répandus à la surface de la terre soient nombreux, je ne m'attacherai dans ce travail qu'au ferment nitrique, qui est le véritable possesseur de la partie superficielle de l'écorce terrestre, de celle qui est le siège des êtres vivants.

Partout où l'oxygène de l'air a accès, le ferment nitrique est le maître du terrain, ramenant incessamment les résidus de la vie animale et végétale à l'état minéral, sous forme d'acide carbonique, d'eau, d'acide nitrique.

On peut en constater la présence à l'aide du microscope : les points brillants très petits, isolés ou accolés deux à deux et qui, avec un très fort grossissement, se montrent en organismes arrondis de forme légèrement ellyptique, en indiquent généralement la présence. Cependant, d'autres organismes, d'un rôle différent, lui ressemblent et pourraient être confondus avec lui. Il est donc indispensable d'en déterminer la fonction chimique en les plaçant dans des milieux appropriés.

La propriété de transformer en acide nitrique les composés azotés, propriété qui, jusqu'à présent, n'a été rencontrée que dans cet organisme, permet de le caractériser bien mieux que l'observation microscopique.

Le mode de recherche adopté dans le cours de ce travail a consisté à ensemencer des milieux stériles, dans lesquels on devait constater une nitrification.

Prélèvements des échantillons. — Quoique le ferment nitrique ne soit pas ordinairement répandu dans l'air, on a cru devoir s'entourer de précautions spéciales pour empêcher son introduction accidentelle dans les échantillons recueillis. On s'est servi de petits tubes bouchés à un bout et munis à l'autre d'un bouchon de liège et au préalable soumis à une température de 250 degrés, et ensuite enveloppés aussitôt dans du papier flambé. Ils étaient ainsi transportés, stérilisés et à l'abri des germes étrangers, sur les lieux du prélèvement. Ouverts et remplis en quelques instants, ils servaient eux-mêmes à recueillir les échantillons, sans l'intervention d'un instrument étranger, et étaient bouchés immédiatement. Nous savions par nombre d'observations antérieures que les précautions prises étaient suffisantes pour éviter l'introduction accidentelle de l'organisme que nous avions en vue. Les tubes étaient rapportés au laboratoire et le contenu introduit dans un milieu nitrifiable stérile. Au bout de quelque temps, on recherchait si la nitrification s'était produite. Les quantités de matières employées pour l'ensemencement étant toujours les mêmes (environ $0^{gr},1$), la proportion d'acide nitrique formé pouvait servir à apprécier l'abondance du ferment.

Recherche de l'organisme nitrificateur sur les roches. — Depuis plusieurs années, j'ai profité de séjours dans les montagnes, pour étudier la surface des roches au point de vue que je viens d'exposer. Il y avait un intérêt particulier à se placer en dehors de l'intervention de la terre végétale proprement dite, vrai foyer de nitrification; la roche dénudée offrait un champ d'investigations devant donner des résultats d'une plus grande netteté.

Les échantillons ont été prélevés de préférence dans les endroits placés à l'abri des rayons solaires qui eussent pu tuer le ferment nitrique en opérant une dessiccation complète. On grattait la roche

avec le bord du tube, en recueillant ce qui pouvait se détacher. Les parties superficielles friables étaient ainsi facilement obtenues. Les parties fines, dans les creux et les fissures, étaient aussi directement prises avec le tube.

Je citerai les principales localités dans lesquelles j'ai pu faire des observations :

1° Au sommet du Pic du Midi, dans les Pyrénées. Une partie du massif est constituée par une roche calcaire, une autre par un schiste micacé.

La surface de la roche calcaire, ensemencée dans un milieu nutritif stérile, y a déterminé une nitrification abondante.

Les échantillons prélevés dans les fissures ont donné le même résultat, ainsi que les parties fines provenant de la désagrégation du calcaire et prélevées dans les anfractuosités et dans lesquelles aucune trace de végétation ne s'était encore montrée. Quant aux débris déjà transformés en terre végétale, ils étaient le siège d'une nitrification énergique. Le calcaire était donc littéralement envahi par le micrococcus sur toute sa surface et principalement aux endroits fissurés et abrités des rayons solaires et de l'action directe des pluies[1].

2° La roche micacée a présenté les mêmes résultats. Sur toutes les parties superficielles, dont la friabilité indiquait un commencement de désagrégation, ainsi que dans les parties fines prises dans les interstices et les fissures, le ferment nitrique existait en abondance. Pendant mon séjour à l'observatoire du Pic du Midi, on a fait sauter un rocher pour agrandir la terrasse ; on a mis ainsi à nu des fissures qui étaient à plus d'un mètre de profondeur de la surface ; toutes étaient tapissées d'une couche de particules fines dans lesquelles l'organisme pullulait. Les parties désagrégées de cette roche magnésienne constituant, dans les creux, des dépôts de terre, en étaient également remplies.

3° Des observations analogues ont été faites dans les Alpes. Des échantillons pris dans le massif du Mont-Rose, auprès du glacier de Goernergrad, sur des schistes micacés, présentaient toujours,

1. Il convient de dire qu'il y a plus de vingt ans, M. A. Béchamp a signalé dans la craie des « microzymas », auxquels il attribue un rôle dans les fermentations lactique et butyrique.

dans les parties friables de la surface, aussi bien que dans les parties fines déjà détachées, cet organisme si envahissant. Les nombreux échantillons prélevés en divers points de ce massif montagneux et dans les vallées qui y conduisent étaient tous dans le même cas.

4° On a opéré des prises dans les montagnes entourant la vallée de Chamounix : le Mont-Blanc, aux stations des Grands-Mulets et de la Pierre-Pointue, ainsi qu'aux points intermédiaires (roches feldspathiques, protogyne), le Montenvers (schistes cristallins riches en orthose), la Flégère (roches contenant de l'amphibole et du talc). Dans tous les cas on a trouvé le ferment nitrique, même sous les glaciers.

5° Il en a été de même au Saint-Gothard sur des schistes micacés et du gneiss, pris sur les flancs de la montagne ainsi que vers le sommet : surface des roches, particules désagrégées remplissant les fissures, sables amassés dans les creux étaient riches en organismes.

6° Un exemple intéressant a été fourni par une montagne bien connue des touristes et située dans l'Oberland bernois, le Faulhorn (roche pourrie), qui est formée par un schiste calcaire noir et friable, ayant l'aspect d'une masse en décomposition (néocomien et calcaire à nummulites) ; cette roche est littéralement envahie par le ferment nitrique, tant dans les parties superficielles que dans les couches sous-jacentes auxquelles il a été possible de pénétrer ($0^m,50$ à $0^m,60$). Il semblerait que dans ce cas la désagrégation de la roche soit due en majeure partie à cet organisme qui remplit sa masse.

7° Divers échantillons pris dans la vallée de Grindelwald, tant sur le calcaire que sur le granit et sur les schistes argileux, dans le voisinage des glaciers ou sous les glaces elles-mêmes, contenaient le même organisme.

8° Les roches volcaniques prises au Puy-de-Dôme (domite), au Puy-Griou (phonolite) et dans diverses autres stations de l'Auvergne ont été examinées au même point de vue et ont donné des résultats affirmatifs. Les parties superficielles, surtout celles qui par leur disposition étaient moins sujettes à se dessécher complètement, les parties fines détachées de la roche, les accumulations formant de la terre végétale ont donné des résultats identiques aux précédents.

L'examen a encore porté :

9° Sur les calcaires de l'Ardèche, pris aux environs de Privas, dont les fissures et les creux sont remplis d'un sable calcaire où le microcuccus pullule.

10° Sur des granits des Vosges, les uns compacts, les autres en décomposition et friables (Jaegerthal, Alsace), ces derniers surtout sont riches en organismes jusque dans le sein de leur masse. Il est probable que ce n'est pas là une concordance fortuite et que ces êtres d'une si grande activité ne sont pas étrangers à la séparation des éléments minéralogiques.

11° Sur le grès vosgiens pris aux environs de Niederbronn (Alsace), sur le grès bigarré à Nehwiller (Alsace), les mêmes faits ont été observés.

Dans beaucoup d'autres localités, qu'il n'y a pas d'intérêt à citer ici, des échantillons ont été prélevés et toujours de préférence dans les parties non directement exposées aux rayons solaires. L'immense majorité des épreuves, presque la totalité, a donné les résultats positifs que je viens d'exposer.

La dissémination du ferment nitrique à la surface des roches, sa pénétration dans les fissures, son abondance dans les parties désagrégées, sont des faits que nous devons retenir. Cherchons maintenant à expliquer comment ces organismes peuvent agir sur les éléments minéraux et contribuer à leur séparation.

Nous avons souvent eu l'occasion de constater que le ferment nitrique s'attache aux particules terreuses et qu'il les abandonne difficilement ; il peut donc agir de la même manière que les lichens, soit par les sucs propres qu'il sécrète, soit mécaniquement en s'introduisant dans les petites fissures. L'acide carbonique qu'il produit peut exercer une action chimique ; les nitrates auxquels il peut donner naissance ne sont peut-être pas sans influence sur la désagrégation.

Son abondance dans les roches en décomposition fait penser que son rôle est loin d'être négligeable et qu'il faut compter avec lui comme avec toutes les actions continues, même alors qu'elles sont très lentes.

Nous avons surtout recherché sa présence dans des conditions où

la végétation ne peut pas se produire. En effet, dès que celle-ci apparaît, il se forme aussitôt de la terre végétale, qui est toujours un foyer de développement de ferment, même alors que les conditions de la nitrification ne sont pas réalisées. En présence de ces terres, nos résultats eussent pu avoir moins de signification.

Mais, si nous sommes conduits à attribuer à ces organismes un rôle dans la désagrégation des roches, il faut admettre que son action se continue sur les éléments déjà divisés et contribue dans le sol à réduire en particules plus petites les fragments grossiers. Cette action aurait, au point de vue agricole, une importance considérable, car on sait que ce sont à peu près exclusivement les parties fines qui cèdent aux racines des plantes les substances minérales nutritives.

Conditions du développement du micrococcus. — Comme chez tous les organismes végétaux, et en particulier chez les ferments, le développement et l'activité du micrococcus de la nitrification sont influencés par la chaleur, il y aura donc des intermittences et sur les hautes montagnes où la température est très basse pendant la plus grande partie de l'année, un ralentissement d'activité doit se produire. Cependant, le ferment vit à ces basses températures, et il n'attend que le moment où la chaleur solaire se fait sentir pour reprendre ses fonctions. Dans les régions élevées, l'air est d'une transparence plus grande et les rayons solaires ont une intensité que l'actinomètre accuse avec netteté. Nous avons souvent vu la température de la roche s'élever à 40 degrés lorsque l'air ambiant était voisin de 0 degré. Dans des conditions pareilles, le ferment peut se multiplier et remplir ses fonctions, malgré la basse température de l'air qui l'entoure.

Nous venons de dire que le froid ne le tue pas; cela est à tel point vrai, au moins pour les températures les plus basses qui se produisent sous nos climats dans les montagnes, qu'on le retrouve en abondance et parfaitement vivant sous les glaces éternelles des glaciers, où la température ne s'élève jamais au-dessus de 0 degré.

Au Pic du Midi, je l'ai retrouvé sous des neiges qui avaient persisté depuis plusieurs années.

Dans les Alpes, au Mont-Blanc, près des Grands-Mulets, la roche, après avoir été mise à nu par l'enlèvement de l'épaisse couche de

glace qui la recouvrait probablement depuis des milliers d'années, se trouvait couverte de ferment nitrique, toutes les parties désagrégées prises sous les glaces en contenaient un grand nombre.

Sur les glaciers de Grindelwald, dans l'Oberland bernois, j'ai pu faire la même constatation. Les parties de la roche recouvertes de glaces ont toujours ensemensé les milieux stériles.

Cette roche est constamment humide par le contact de la glace et, par suite, offre un milieu favorable ; mais on peut se demander comment le ferment vit et se reproduit à une température ne dépassant jamais 0 degré. Dans nos essais de laboratoire, nous ne l'avons pas vu, M. Schlœsing et moi, exercer son action chimique à une température inférieure à 5 degrés.

On peut donc se demander si cet organisme, si abondant sous les glaces, est capable de se multiplier à cette basse température ou s'il est là depuis l'origine du glacier, attendant après un sommeil de milliers d'années qu'une circonstance favorable lui permette de reprendre ses fonctions.

Si l'air était chargé de ferment nitrique, on pourrait penser que les neiges et les pluies en apportent au glacier qui se renouvelant par la surface et se détruisant au contact du sol, laisserait déposer ces organismes, à mesure de la fusion, dans les parties placées sous la glace, où ils pourraient s'accumuler. Mais nous savons qu'ils sont rares dans l'air : je n'en n'ai pas généralement rencontré dans les neiges des montagnes, recueillies avec des précautions spéciales.

Il y a donc lieu de croire ou à la possibilité d'une multiplication à une température ne dépassant pas 0 degré, ou à un engourdissement dont l'origine remonte à une époque géologique éloignée.

On sait que la nitrification ne peut s'accomplir que lorsque le milieu est alcalin ; dans les terres végétales, c'est le calcaire qui joue le rôle d'alcali. Mais ce ferment n'en peut pas moins vivre et se développer dans des milieux dépourvus d'alcali et même acides, où sa principale fonction chimique ne peut pas se produire. On le trouve dans des sables siliceux purs, dans les terres de landes de nos régions granitiques, dans la tourbe et la terre de bruyère.

Cela explique comment nous le retrouvons même là où aucune nitrification ne peut se produire, par suite de la composition du milieu.

Dans ces conditions, il se borne à opérer la combustion de la matière hydrocarbonée à l'instar des autres organismes aérobies. Lorsque dans les sols dépourvus de calcaire, l'accumulation des matières organiques a donné naissance à des substances acides, c'est là le cas. Mais il arrive aussi que dans du sable siliceux pur, la faible alcalinité que donne l'ammoniaque aérienne suffise pour que la nitrification s'accomplisse.

Mode de nutrition. — Mais, comme tous les organismes dépourvus de parties vertes, celui dont nous venons de nous occuper est incapable d'assimiler le carbone de l'acide carbonique aérien, il ne peut vivre et se multiplier qu'à la condition de trouver une matière carbonée, résidu de la vie organique. Dans la terre végétale, la matière carbonée est abondante, aussi est-ce là le milieu dans lequel il se développe de préférence ; mais sur les roches où nous l'avons observé, surtout sur celles qui sont placées au-dessous des limites de la végétation, on peut se demander quelle est la source de la matière carbonée qui lui sert d'aliment. La présence de cette matière carbonée est facile à constater. En chauffant, en vase clos, les particules de roche dans lesquelles nous avons trouvé le ferment, nous les avons toujours vues noircir par la formation de traces de charbon.

C'est dans l'air et les eaux météoriques que nous devons chercher l'apport de l'aliment carboné. On sait que les eaux pluviales contiennent des traces de substances organiques, non seulement en suspension, mais aussi en dissolution. Au Pic du Midi, à près de 3000 mètres d'altitude, les eaux de pluie et de neige donnaient toujours, par l'évaporation, un résidu contenant de la matière organique. J'ai montré qu'elles renferment également de l'alcool aussi bien à cette altitude que dans les régions inférieures de l'atmosphère. Il y a donc là une source de carbone pour les organismes de hautes altitudes.

Il y en a une autre encore : c'est l'alcool qui existe à l'état de vapeurs dans l'air. Je rappelle ici qu'après avoir constaté que l'alcool se forme en notable quantité dans le sol pendant la décomposition des résidus organiques, j'ai été amené à admettre qu'en raison de sa volatilité, il se dégage dans l'air. Comment cet alcool à l'état de vapeur peut-il être utilisé par des êtres organiques fixés aux éléments terreux ?

Une expérience très simple m'a permis de me rendre compte de son absorption.

Dans un godet, on a placé du terreau calciné, absolument dépourvu de matière organique, et l'on a ensemencé d'une trace de ferment nitrique. A côté de ce godet, se trouvaient deux verres, dont l'un contenait de l'alcool étendu de vingt fois son volume d'eau et une solution de carbonate d'ammoniaque à 1 p. 100. On a recouvert d'une cloche et abandonné pendant deux mois à une température de 20 à 30 degrés.

La vapeur d'alcool et l'ammoniaque gazeuse qui se développaient dans l'atmosphère de la cloche étaient donc, avec les éléments minéraux du terreau calciné, les seuls aliments des ferments. A la fin de l'expérience, on a constaté que du nitrate s'était formé en quantité sensible dans cette terre qui, chauffée en vase clos, a noirci, ce qui indique la formation de matière carbonée.

Non seulement le ferment a pu se nourrir et se développer aux dépens des éléments gazeux de cette atmosphère artificielle, mais encore il a pu les transformer après les avoir fixés dans ses tissus, en une sorte de terreau analogue à celui qui résulte de la décomposition des résidus des êtres organisés.

Quant à la source de l'azote dont ils ont besoin pour leur développement, nous la trouvons dans l'ammoniaque et les nitrates que renferment les eaux pluviales, ainsi que dans l'ammoniaque gazeuse de l'air.

Ce mode de nutrition permet à ces organismes de se développer en dehors des milieux où la vie végétale et animale laisse ses débris.

EXAMEN PRÉLIMINAIRE

ET

ÉCHANTILLONNAGE DES ENGRAIS

PAR

M. Achille MÜNTZ

PROFESSEUR A L'INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE [1].

§ 1. — Analyse qualitative des engrais.

Il arrive souvent que l'on ne connaisse pas la nature d'un engrais. Dans ce cas, avant de procéder au dosage, il faut opérer la constatation des substances fertilisantes qui existent dans cet engrais.

Acide phosphorique. — Quelques parcelles d'engrais équivalant à un petit nombre de centigrammes sont traitées à l'ébullition dans un tube à essai par 2 ou 3 centimètres cubes d'acide azotique étendus de leur volume d'eau ; après quelques minutes d'ébullition, on laisse déposer et, au moyen d'un tube étiré, on prélève une portion du liquide clair surnageant, qu'on introduit dans un autre tube à essai, et on y ajoute 4 ou 5 centimètres cubes de nitro-molybdate d'ammoniaque. S'il y a de l'acide phosphorique en quantité appréciable dans l'engrais, on voit au bout de peu de temps se former le précipité jaune caractéristique de phospho-molybdate ; si l'on avait

1. Cette notice est extraite d'un ouvrage que A. Müntz vient de publier à la librairie veuve Dunod sous le titre : *Analyse chimique. Méthodes analytiques appliquées aux substances agricoles,* dont on trouvera une description plus complète à l'article *Bibliographie.*

Encyclopédie chimique, tome IV. Gr. in-8° avec planches. 1888. Paris.

chauffé à 60° ou 80°, ce précipité eût apparu instantanément. Cette manière d'opérer ne permet de reconnaître que la présence de l'acide phosphorique, sans indiquer à quel état il se trouve.

Phosphate soluble dans l'eau. — Quelques centigrammes d'engrais sont traités par 3 ou 4 centimètres cubes d'eau, dans un petit verre à pied, en triturant avec un agitateur ; au bout de quelques minutes, on verse sur un tout petit filtre et on recueille une partie du liquide qui passe dans un tube à essai ; c'est à ce liquide qu'on ajoute encore du nitro-molybdate d'ammoniaque, comme dans la recherche précédente.

Recherche de l'ammoniaque. — On place 2 ou 3 décigrammes de matière dans un tube à essai, et on les imbibe d'une solution de potasse à $\frac{1}{10}$; en chauffant légèrement, on perçoit l'odeur de l'ammoniaque ; un papier de tournesol rouge préalablement humecté bleuit quand on l'approche de l'orifice du tube, et une baguette imprégnée d'acide chlorhydrique répand des fumées blanches. Il est bien entendu que nous nous plaçons dans le cas d'un engrais commercial, où il ne s'agit que de constater grossièrement la présence de sels ammoniacaux, et que s'il n'y avait qu'une faible trace d'ammoniaque, à peine sensible aux réactifs dont nous venons de parler, cela pourrait tenir à la décomposition des matières organiques azotées et il n'y aurait pas lieu, dans ce cas, de procéder à un dosage de l'ammoniaque.

Recherche des nitrates. — On met quelques décigrammes d'engrais dans un tube à essai, avec quelques morceaux de tournure de cuivre, on humecte légèrement avec de l'eau, et on ajoute 2 ou 3 centimètres cubes d'acide sulfurique ; en chauffant, on voit se dégager des vapeurs rutilantes.

On peut encore employer le réactif de Desbassyns de Richemont, qui est d'une très grande sensibilité ; quelques centigrammes de matière sont humectés de 5 ou 6 gouttes d'eau, on laisse déposer après avoir trituré avec un agitateur. D'un autre côté, dans un petit verre à pied, on a mis 4 ou 5 centimètres cubes du réactif de Desbassyns, puis avec un agitateur, on prélève une goutte du liquide clair, et on la fait tomber à la surface du réactif de Desbassyns. — S'il y a du nitrate, on voit apparaître un anneau rose à la surface du réactif

et, en agitant celui-ci, il prend une teinte rosée, d'autant plus intense que la quantité de nitrate est plus forte. Il faut avoir bien soin de ne pas mettre plus d'une goutte de la liqueur à essayer, parce qu'avec une quantité plus grande la réaction ne se produit pas.

Il est très important de constater la présence des nitrates dans les engrais, parce que chaque fois qu'il en existe, le dosage de l'azote par la chaux sodée devient impossible.

Réactif de Desbassyns de Richemont. — On prend de l'acide sulfurique distillé, préalablement bouilli, on y ajoute 5 p. 100 de son poids de sulfate de protoxyde de fer finement pulvérisé et on conserve dans un flacon bouché à l'émeri. Il doit être incolore.

Pour se servir du réactif, on en verse 4 ou 5 centimètres cubes dans un petit verre à pied, on laisse tomber, le long de la paroi, une seule goutte du liquide dans lequel on recherche le nitrate ; il doit se produire une coloration rose, sous forme d'un anneau, à la partie supérieure du réactif. En agitant, tout le réactif se colore en rose plus ou moins foncé. Lorsqu'on est en présence de quantités extrêmement petites de nitrates, il faut au préalable concentrer la liqueur de manière à la ramener à un volume de quelques gouttes. Dans aucun cas il ne faut mettre plus de deux gouttes de liquide dans le réactif, dont l'échauffement ferait disparaître immédiatement la coloration.

Azote organique. Lorsqu'il n'y a pas d'ammoniaque, il est facile de reconnaître l'azote organique ; on n'a qu'à mettre quelques décigrammes de matière dans un tube bouché par un bout avec un peu de chaux sodée en poudre et chauffer sur un bec de gaz au rouge sombre ; la matière dégage des vapeurs ammoniacales, qu'il est facile de reconnaître.

Si on avait constaté la présence de sels ammoniacaux, il faudrait d'abord enlever ceux-ci par un lavage à l'eau et opérer sur le résidu insoluble desséché, comme nous venons de le dire.

Potasse. — 1 ou 2 grammes d'engrais sont traités par 4 ou 5 centimètres cubes d'eau ; on triture avec une baguette, on laisse déposer et on prélève, avec un tube étiré, un peu de cette liqueur, qu'on met dans un verre à pied, en y ajoutant 1 centimètre cube environ d'hyposulfite de chaux, autant de liqueur de bismuth et 10 centi-

mètres cube d'alcool concentré. — S'il y a de la potasse, il se forme le précipité jaune caractéristique d'hyposulfite double de potasse et de bismuth. Les deux réactifs dont nous venons de parler sont d'ailleurs les mêmes que ceux dont nous avons donné la préparation en parlant de la méthode Carnot.

Recherche de la magnésie. — 1 gramme environ d'engrais à essayer est traité à chaud par 5 centimètres cubes d'acide azotique et autant d'eau ; on filtre sans laver, et on verse, dans la liqueur qui a passé, de l'acide citrique et de l'ammoniaque, comme s'il s'agissait d'un phosphate, puis finalement on additionne de 2 ou 3 centimètres cubes de phosphate de soude ; on agite et on laisse reposer pendant quelque temps. S'il y a de la magnésie dans le mélange, on la reconnaîtra au précipité cristallin caractéristique de phosphate ammoniaco-magnésien.

Il est très important dans l'analyse des superphosphates de s'assurer de la présence de la magnésie, parce que des précautions spéciales sont à prendre dans ce cas pour le dosage.

La matière organique met généralement obstacle au dosage rigoureux de l'acide phosphorique ; chaque fois qu'on ne risque pas de modifier l'état de l'acide phosphorique, il est prudent de la détruire par la calcination. On en reconnaît facilement la présence au simple aspect et avec plus de sûreté en chauffant l'engrais dans un tube bouché par un bout. La carbonisation et le dégagement de goudrons sont un indice certain de la présence des matières organiques.

§ 2. — Échantillonnage des engrais.

Il convient d'apporter les plus grands soins à la prise d'échantillon des engrais ; car souvent les divergences dans les résultats des analyses proviennent de ce qu'on n'a pas porté une attention suffisante à cette opération.

Les engrais se présentent souvent sous forme de matière pulvérente, fine et par conséquent très homogène ; tels sont les phosphates naturels ou précipités, le sang desséché, etc. Dans ce cas, on prend sur la livraison, au hasard, un certain nombre de sacs ou de

tonneaux renfermant l'engrais. On y plonge une sonde par des trous pratiqués *ad hoc* et on la dirige dans tous les sens, et on dépose la matière extraite à chaque coup de sonde, sur une surface très propre ; on fait à la pelle un mélange intime et on prélève sur ce petit tas un échantillon de 300 à 400 grammes qu'on place immédiatement en flacon bouché.

On opère de même à la sonde quand l'engrais est en tas, en prenant soin de faire pénétrer l'instrument dans toutes les directions ; et si on ne peut pénétrer facilement, on doit pratiquer des tranchées traversales.

Si l'engrais est pâteux ou très compact (superphosphates, sulfate d'ammoniaque, etc.), la sonde ne peut pas pénétrer ; et il faut dans ce cas vider sur des dalles ou sur un sol très propre un certain nombre de sacs ou de tonneaux ; bien mélanger à la pelle, en broyant et émiettant la matière. Sur ce tas, on prélève un échantillon qu'on pulvérise et qu'on introduit dans un flacon.

Les pierres ne doivent jamais être rejetées ; elles doivent toujours figurer dans l'échantillon proportionnellement au poids qu'elles ont dans l'engrais même. L'échantillon prélevé doit être d'autant plus important que la matière est moins homogène.

Quand l'engrais est liquide (matières de vidanges, fumier, etc.), on doit, au moment de puiser l'échantillon, remuer énergiquement de manière à mettre toutes les parties solides en suspension. Mais il peut se présenter des cas où l'engrais s'offre dans deux couches de différente densité, l'une qui se dépose, l'autre qui surnage ; dans ce cas, on prélève séparément un échantillon proportionnel des deux parties, et on les mélange ensuite, ou bien on les analyse séparément suivant le cas.

Lorsque l'échantillon arrive au laboratoire, le chimiste, avant de procéder à l'analyse, doit préparer la matière avec le plus grand soin.

Si l'engrais est homogène, sec et pulvérulent, il suffit de verser le contenu du flacon sur une surface très propre et de le mélanger très intimement à la main ou à l'aide d'une spatule pour lui donner une homogénéité parfaite.

Les parties grossières doivent être pulvérisées au mortier et mélangées aux parties fines ; il arrive que l'engrais est trop pâteux et

ne peut passer au tamis, ni subir l'action du pilon ; on peut alors avoir recours, soit au mélange avec un poids connu de matière inerte telle que le sable de Fontainebleau, ou le plâtre, soit à la dessiccation ; mais à la condition que l'élévation de température sera sans action chimique sur les principes constitutifs de l'engrais ; ainsi on ne peut sécher un mélange de nitrate et de superphosphate, à moins d'avoir la précaution de neutraliser l'acidité par de la chaux. On ne peut dessécher un engrais contenant des combinaisons ammoniacales volatiles, sans avoir soin d'y introduire de l'acide oxalique en poudre. Mais cette addition d'acide oxalique n'est plus permise si l'engrais contient en même temps de l'acide nitrique ; car on aurait à redouter le déplacement de ce principe ; il faut, dans ce cas, préparer deux échantillons, l'un avec acide oxalique destiné au dosage de l'ammoniaque, l'autre sans acide oxalique pour le dosage du nitrate.

Quant aux engrais très peu homogènes, tels que chiffons de laine, rognures, débris et déchets de toute sorte, il faut avoir recours soit au moulin, soit aux ciseaux ou à la hache, en un mot diviser la matière et l'amener au plus grand degré de finesse et d'homogénéité.

Le dosage de l'humidité doit précéder toutes les manipulations qui exposent la matière à l'air libre et peuvent lui faire perdre de l'eau.

§ 3. — Échantillonnage du fumier de ferme.

Il est difficile d'obtenir un échantillon représentant exactement la moyenne d'un tas de fumier. Le procédé qui nous paraît le plus recommandable et qui nous a fourni les meilleurs résultats est le suivant :

1° Tas de fumier recouvrant le sol des étables et fumier entier. Les ouvriers qui enlèvent le fumier pour le porter aux champs le prennent à la fourche et le chargent sur le tombereau ; on a soin de faire mettre de côté sur un endroit propre et bien balayé le contenu d'une fourche à intervalles très réguliers (1 pelletée sur 10 ou 20). On constitue de la sorte un fort échantillon représentant aussi exactement que possible l'ensemble du chargement.

Si on opère pour ainsi dire le fanage de cet échantillon, on sépare très nettement deux parties, l'une pailleuse et une autre bien plus fine qui passe à travers les dents de la fourche. On pèse ces deux

parties séparément et on les échantillonne séparément aussi. La matière fine est étalée sur le sol ; les parties compactes sont divisées, et finalement on fait dans un grand nombre de points, à la pelle ou à la main, des prises d'échantillons qu'on réunit et qu'on mélange encore une fois et dont on pèse un poids proportionnel.

Quant à la partie pailleuse, on l'étale sur le sol ; on l'échantillonne en tous sens et l'échantillon ainsi formé est divisé en parties fines sur un billot au moyen d'une hache très tranchante, qui remplace le hache-paille. Il est alors très facile de prendre sur cette partie relativement fine un échantillon proportionnel qu'on réunit au précédent. On obtient ainsi une représentation aussi fidèle que possible du tas de fumier envisagé.

Les opérations doivent se faire très rapidement, le matin autant que possible, à l'ombre et au frais, pour éviter les dégagements d'ammoniaque.

2° La dessiccation du fumier exige une attention toute particulière ; le chimiste doit avant tout éviter les dégagements d'ammoniaque extrêmement abondants. L'échantillon prélevé comme nous l'avons dit ($2^{kil},500$ à 5 kilogr.) est placé dans une terrine et par couches minces ; à l'aide d'une pipette à jet très fin et contenant en solution une quantité connue d'acide oxalique (50 à 100 grammes), on fait un arrosage de manière que chaque partie soit en contact avec l'acide oxalique ; on brasse et on mélange très intimement, puis on porte à l'étuve. Si pendant la dessiccation on percevait encore l'odeur ammoniacale, on aurait soin d'arroser immédiatement avec une solution acide.

La quantité d'acide oxalique employée doit être rigoureusement notée et on doit dans les calculs d'analyse en tenir compte.

§ 4. — Prise d'échantillon des gadoues[1] ou boues de ville, balayures de rues.

L'enlèvement des détritus, des ordures ménagères, des balayures des rues, des déchets de toute sortes provenant des halles et mar-

1. Le nom de gadoues, à Paris et dans les grandes villes, est réservé aux boues et balayures de villes ; dans le Nord et l'Est, ce nom est plus spécialement appliqué aux matières de vidanges.

chés, préoccupe à juste titre les municipalités, qui généralement mettent ces entreprises en adjudication. Les adjudicataires trouvent l'écoulement de ces produits chez les agriculteurs et surtout chez les maraîchers. Il y a là pour les fermes situées près des villes, une source considérable de matières fertilisantes à bon marché. Mais rien n'est plus variable que la composition de ces gadoues; on ne devrait donc acheter ces matières que d'après leur composition chimique établie par l'analyse.

L'échantillonnage. — La prise d'échantillon est une opération très importante et aussi très difficile; car il est peu de matières qui soient aussi peu homogènes. Aussi insisterons-nous sur la manière dont il convient d'opérer. Le plus souvent, de grands tombereaux parcourent les rues, enlèvent les matières déposées en petits tas et les transportent soit à un dépotoir où l'agriculteur vient ensuite les enlever, soit sur de grands bateaux qui les transportent au lieu d'utilisation. — Lorsque les matières sont fraîches, elles portent le nom de gadoues vertes; lorsqu'elles sont restées en tas, leur aspect et leur nature sont complètement modifiés, et l'échantillonnage sera différent dans les deux cas.

1° *Gadoues vertes.* — Le mieux est d'assister au déchargement des voitures, et de prélever dans chaque voiture, à trois reprises différentes, à l'aide d'une grande pelle et sans faire aucun triage, la matière telle qu'elle sort du tombereau. Sur un endroit sec et bien balayé, on réunit ces échantillons partiels. Quand on a opéré de la même façon sur un grand nombre de voitures, on mélange à la pelle et à la fourche tous ces échantillons, et on charge une voiture pour les transporter près du laboratoire, à moins qu'on ne puisse sur le champ même faire la prise définitive d'échantillon.

Sur ce premier échantillon, composé de papiers, détritus de toutes sortes, végétaux et animaux, terres, pailles, bois, cendres, pierres, coquilles d'huîtres, verre et porcelaine cassés, etc., il s'agit de prélever un échantillon définitif représentant aussi exactement que possible la moyenne générale. Voici comment nous opérons :

On étend en couche mince la matière sur le sol; deux hommes s'arment d'une fourche à trois dents et la secouent, en opérant comme font les faneurs pour le foin; les parties lourdes se déta-

chent et tombent sur le sol. Ce qui est retenu sur la fourche est mis de côté et remis en tas. Cette manipulation sépare le tas en deux parties distinctes :

1° Matières terreuses lourdes ; 2° matières organiques légères.

Les matières terreuses sont jetées sur une claie dont les mailles sont espacées de 1 centimètre environ, et à laquelle on a soin de donner une forte inclinaison ; les parties qui passent à travers les mailles sont fines ; on les rend homogènes très facilement à la pelle ; on les pèse et on prélève un échantillon, en les étendant sur le sol en couche mince et en prenant par pincées dans un grand nombre de points.

Quant aux parties n'ayant pas passé à la claie, on les trie à la main, mettant de côté les pierres, coquilles, etc., et rajoutant tout ce qui peut avoir une valeur fertilisante sur le tas de matières précédemment enlevées à la fourche. Celles-ci sont étalées en couches minces ; on les fouille très soigneusement à la main, de façon à extraire les coquilles, pierres, morceaux de verre, charbon, coke, etc., etc., qui n'ont aucune valeur ; toutes ces parties pierreuses sont réunies, pesées et rejetées.

Les matières pailleuses et organiques, débarrassées de pierres, sont pesées, puis échantillonnées en tous sens à la fourche ; le petit tas prélevé est coupé sur un billot au moyen d'une hache ; les morceaux découpés sont intimement mélangés, étendus sur le sol ; on en prend à la main de petites quantités qu'on réunit pour l'analyse.

En résumé, par cette série de manipulations qu'on pourrait qualifier : « Analyse mécanique de la gadoue », on a divisé les gadoues en trois parties bien distinctes :

1° Matières pierreuses, coquilles, verre, etc., sans valeur, d'un poids.	p
2° Matières fines, passant à la claie	p'
3° — organiques végétales et animales	p''
Le poids total est.	P

Les quotients de $\frac{p \times 100}{P}$, $\frac{p' \times 100}{P}$, $\frac{p'' \times 100}{P}$, donnent les proportions pour 100 de ces différentes parties.

Il y a intérêt à analyser séparément les matières fines et les matières organiques ; mais ensuite on ramènera par le calcul à l'échantillon brut.

2° *Gadoues fermentées.* — Les gadoues vertes mises en tas se décomposent très rapidement ; il y a un dégagement de chaleur intense et au bout de peu de mois le tas s'est affaissé et transformé en terreau. Pour y prélever un échantillon, nous ouvrons une tranchée dans plusieurs endroits, et à la bêche nous faisons tomber de haut en bas une tranche de matière ; on réunit toutes les tranches, on les mélange intimement et on remplit un sac qu'on transporte au laboratoire. Ce sac est étalé sur une aire propre, divisé à la pelle d'abord, puis la main devient indispensable pour séparer les matières pierreuses et détritus sans valeur ; on en établit la proportion. Quant au restant, il est mélangé et échantillonné comme nous avons expliqué plus haut.

Dans chacun des échantillons prélevés on pèse exactement, après mélange, 1 kilogr. ou 2, et on met à l'étuve pour pouvoir ensuite broyer au concasseur, en prenant garde aux parties dures qui auraient pu échapper au triage.

L'analyse se poursuivra ensuite suivant les procédés indiqués pour les substances analogues et on dosera la chaux, la potasse, l'acide phosphorique et l'azote.

Les résultats obtenus seront rapportés par un calcul très simple à l'échantillon brut.

BIBLIOGRAPHIE

I. LIVRES ET BROCHURES

Études agronomiques. Première série (1885-1886) [3e édition], par L. Grandeau, directeur de la Station agronomique de l'Est, membre du Conseil supérieur de l'agriculture, etc. 1 vol. in-12. — Paris, Hachette et Cie, 1887.

Sommaire : Avant-propos. — I. La nutrition de la plante. — II. La terre arable. — III. Les aliments azotés de la plante. — IV. L'acide phosphorique et la fumure azotée du sol. — V. Rôle de l'acide phosphorique et de la potasse dans la nutrition de la plante. — VI. Les engrais commerciaux. — VII. Les scories phosphatées Thomas-Gilchrist : leur composition. — VIII. Valeur fertilisante des scories Gilchrist. — IX. Expériences de Downton et de Ferryhill sur les scories Thomas-Gilchrist. — X. Expériences culturales de Tomblaine en 1885. — XI. La culture productive du blé. — XII. La culture du blé et le fumier de ferme. — XIII. Expériences de Cantoni sur la culture du blé. — XIV. Le fumier de ferme et sa valeur. — XV. Les champs d'expériences. Leur utilité. — XVI. Champs d'expériences de Tomblaine. — XVII. Les champs d'expériences et de démonstration. — XVIII. Création et organisation des champs de démonstration et d'expériences. — XIX. Les syndicats agricoles. — XX. La fraude des engrais et les stations agronomiques. — XXI. Les stations agronomiques et le contrôle des semences.

Études agronomiques. Deuxième série (1886-1887), par L. Grandeau, directeur de la Station agronomique de l'Est, membre du Conseil supérieur de l'agriculture. 1 vol. in-12. — Paris, Hachette et Cie, 1888.

Sommaire : Avant-propos. — I. Le commerce du blé et du bétail dans le monde. Le blé aux États-Unis. — II. Le commerce du blé aux États-Unis. — III. La production du blé dans les Indes anglaises. — IV. Le prix de revient du blé aux Indes et sur les marchés d'Europe. — V. La production et la consommation du blé en France de 1820 à 1880. — VI. Le prix de revient du blé. — VII. Influence de la fumure sur le prix de revient en agriculture. — VIII. La culture expérimentale du blé devant la Chambre des députés. — IX. La semaille des blés et la création des races améliorées. — X. Les engrais phosphatés à bon marché. Les scories Thomas-Gilchrist. — XI. Classification et valeur agricole des phosphates naturels. — XII. Quelques résultats de culture du blé en France.

— XIII. Les champs de démonstration. — XIV. Les plantes fourragères et les prairies. — XV. La législation sucrière en Europe. — XVI. L'alimentation du bétail. — XVII. La Suisse agricole et l'industrie du lait. — XVIII. Une excursion en Espagne. — L'Espagne agricole. — Excursion en Andalousie. — Caractères de l'agriculture de cette région. — L'enseignement agricole en Espagne. — XIX. L'agriculture à l'Exposition universelle de 1889. — Ce que devrait être l'exposition agricole en 1889. — Du but à atteindre. — XX. L'agriculture et le haut enseignement universitaire. — Une amélioration importante à introduire dans l'enseignement des Facultés des sciences.

L'Alcool, la santé publique et le budget, par M. L. Grandeau, doyen de la Faculté des sciences de Nancy, directeur de la Station agronomique de l'Est, membre du Conseil supérieur de l'agriculture, etc. 1 vol. in-8°. — Paris, librairie du *Temps*, 5 boulevard des Italiens, 1888.

Sommaire : Les ravages et les progrès de l'alcoolisme. — La consommation des alcools en France — Les alcools d'industrie et la santé publique. — Les privilèges des bouilleurs de cru. — État de l'industrie des alcools. — Analyse des alcools d'industrie. — Méthode de M. Ivar Bang. — Épuration des alcools : procédé Bang et Ruffin. — Les remèdes à l'alcoolisme. — Résumé et conclusions.

Bibliothèque de l'Enseignement agricole, publiée sous la direction de M. A. Müntz, professeur à l'Institut national agronomique. — Paris, librairie Firmin-Didot et Cie.

Le nom de M. Achille Müntz, professeur à l'Institut national agronomique, l'un de nos collaborateurs les plus distingués et les plus savants, est trop connu des lecteurs des *Annales*, pour qu'il nous soit nécessaire de beaucoup insister sur l'importance et l'intérêt de la série d'ouvrages traitant toutes les questions agricoles, dont la *Bibliothèque de l'Enseignement agricole* a inauguré cette année la publication.

Tous ceux qu'intéresse, à un titre quelconque, l'avenir de l'agriculture française, devront une vive reconnaissance à M. A. Müntz, qui aura ainsi comblé une lacune des plus regrettables dans notre littérature agricole ; il n'existait jusqu'ici, en toutes ces matières, à part quelques livres récents, que de vieux traités, peu au courant des progrès modernes, et certainement cette disette de bons ouvrages faisait beaucoup de tort au développement de l'enseignement agricole.

En parcourant la liste des principaux rédacteurs, que nous donnons ci-après, on constatera que M. A. Müntz a su s'adjoindre comme collaborateurs, pour cette œuvre si utile, les personnalités les plus marquantes dans les branches si variées des sciences agronomiques, de la pratique et de la technique agricoles.

LISTE DES PRINCIPAUX RÉDACTEURS :

MM. Baron, professeur à l'École nationale d'Alfort.

Boitel, inspecteur général de l'enseignement agricole, professeur à l'Institut national agronomique, membre de la Société nationale d'agriculture.

Cornevin, professeur à l'École vétérinaire de Lyon.

Gauwain, maître des requêtes au Conseil d'État, professeur à l'Institut national agronomique.

Aimé Girard, professeur au Conservatoire des arts et métiers et à l'Institut national agronomique, membre de la Société nationale d'agriculture.

A. Ch. Girard, chef du laboratoire de chimie de l'école d'application de l'Institut national agronomique.

L. Grandeau, doyen de la Faculté des sciences de Nancy, directeur de la Station agronomique de l'Est.

Lavalard, administrateur de la Compagnie générale des omnibus, professeur à l'Institut national agronomique, membre de la Société nationale d'agriculture.

Lecouteux, professeur au Conservatoire des arts et métiers et à l'Institut national agronomique, président de la Société nationale d'agriculture.

Müntz, professeur à l'Institut national agronomique.

Prillieux, inspecteur général de l'enseignement agricole, professeur à l'Institut national agronomique, membre de la Société nationale d'agriculture.

Pulliat, professeur de viticulture à l'Institut national agronomique.

Risler, directeur de l'Institut national agronomique, membre de la Société nationale d'agriculture.

Ronna, ingénieur, membre du Conseil supérieur de l'agriculture.

Roux, directeur du laboratoire de M. Pasteur.

Schloesing, membre de l'Académie des sciences et de la Société nationale d'agriculture, directeur de l'École d'application des manufactures nationales, professeur au Conservatoire des arts et métiers et à l'Institut national agronomique.

Tisserand, conseiller d'État, directeur au ministère de l'agriculture, membre de la Société nationale d'agriculture.

Trois volumes de la *Bibliothèque de l'Enseignement agricole* ont déjà paru à la librairie Firmin-Didot et Cie; nous en donnons une courte analyse.

Herbages et prairies naturelles, par M. Amédé Boitel, inspecteur général de l'enseignement agricole, professeur à l'Institut national agronomique. 1 vol. in-8° de 759 pages, avec 120 figures dans le texte. — Paris, Firmin-Didot et Cie. 1887.

Dans ce volume des plus instructifs, M. A. Boitel étudie les prairies et les pâturages dans toutes leurs conditions de sol, de climat et de fumure. Il nous enseigne la création des prairies, le choix des espèces à y introduire, les soins à leur donner et leur récolte. Un chapitre spécial est consacré à la description des plantes spontanées des prairies et des pâturages et à l'appréciation de leur

valeur nutritive pour le bétail. Dans la deuxième partie de l'ouvrage, l'auteur nous décrit les prairies et les herbages des diverses régions de la France, de la Suisse et de l'Algérie. Ce livre est, on le voit, une monographie complète de la prairie, par un des hommes qui connaissent le mieux en France les questions qu'ils traitent.

Des Plantes vénéneuses et des empoisonnements qu'elles déterminent, par M. Ch. Cornevin, professeur à l'École vétérinaire de Lyon. 1 vol. in-8° de 500 pages, avec 60 figures dans le texte. — Paris, Firmin-Didot et Cie. 1887.

Voilà encore un livre appelé à rendre aux cultivateurs les plus grands services : il est le fruit d'expériences et de recherches poursuivies depuis des années par le savant professeur de l'École de Lyon. C'est, comme le dit lui-même l'auteur dans sa préface, le bilan des connaissances actuelles sur un sujet aussi intéressant au point de vue de l'hygiène publique qu'à celui de l'alimentation des animaux de la ferme. Il renferme des renseignements précieux sur les empoisonnements des animaux de la ferme par les plantes vénéneuses : de pareilles notions faisaient jusqu'ici complètement défaut à nos agriculteurs qui subissaient souvent de fortes pertes d'argent, par suite de la présence de ces plantes dans les rations qu'ils donnaient à leur bétail. Les vétérinaires eux-mêmes y rencontreront d'utiles indications sur une partie de l'hygiène et quelques points de pathologie. Une analyse détaillée d'un ouvrage aussi complet n'est guère possible : nous en donnons les titres des principaux chapitres, en recommandant vivement ce volume plein de documents nouveaux.

Première partie. — Étude générale des poisons d'origine végétale et des intoxications qu'ils occasionnent.

Article premier. — Formation des poisons d'origine végétale. — Causes qui l'influencent. — Article II. — Réactions de l'organisme animal en présence des poisons.

Deuxième partie. — Étude spéciale des plantes vénéneuses et des empoisonnements qu'elles occasionnent.

Première section. — *Phanérogames gymnospermes.*

Deuxième section. — *Phanérogames angiospermes.* — Premier sous-groupe : *Monocotylédones vénéneux.* — Deuxième sous-groupe : *Dicotylédones vénéneux.* — (*Apétales, dialypétales et gamopétales.*)

Table alphabétique des espèces et variétés signalées.

Les Engrais. Tome I, par MM. A. Müntz, professeur à l'Institut national agronomique, et A. Ch. Girard, chef du laboratoire de chimie de l'école d'application de l'Institut national agronomique. 1 vol. in-8° de 565 pages avec 21 figures dans le texte. — Paris, librairie Firmin-Didot et Cie. 1888.

M. L. Grandeau, dans sa revue agronomique du *Temps* (29 novembre 1887), a déjà annoncé l'apparition du *Traité des engrais* de MM. Müntz et Girard ; nous ne pourrions mieux faire qu'en reproduisant ici les termes mêmes de cet article :

« M. A. Müntz, professeur à l'Institut national agronomique, bien connu du monde savant par ses travaux marqués au coin de l'originalité et de la plus rigoureuse précision, qualités maîtresses qu'on trouve rarement réunies au même degré, vient de publier, en collaboration avec M. A. Ch. Girard, son préparateur, un traité des engrais.

« Un exposé des principes généraux de l'alimentation des plantes comprenant l'étude du développement du végétal, celle de l'atmosphère et du sol, et l'examen des principales cultures, au point de vue de leurs exigences en principes fertilisants, forme la première partie de l'ouvrage. La seconde est consacrée au fumier de ferme : la composition des excréments des animaux, de leurs litières, les réactions chimiques que subit leur mélange pour produire le fumier à ses divers états, la composition du fumier, sa récolte, sa conservation et son emploi; des considérations économiques sur les fumures ; enfin, la valeur agricole et la valeur argent du fumier y sont exposées à l'aide de très nombreux documents numériques des plus intéressants et des mieux groupés.

« Les engrais produits dans les villes, gadoues et balayures, la question des vidanges et des eaux d'égouts, leur traitement industriel et leurs applications à la fertilisation des terres ont fourni aux auteurs la troisième partie du premier volume. Dans la quatrième et dernière sont réunis tous les documents relatifs aux engrais verts, c'est-à-dire à l'utilisation directe des plantes pour la fumure des terres. Le premier volume se termine par l'examen des déchets industriels d'origine végétale, résidus de fabrication des huiles grasses, de la distillerie, de l'amidonnerie, etc.

« Comme on le comprendra aisément, un traité de ce genre n'est pas susceptible d'une analyse ; en le signalant aux propriétaires, aux grands agriculteurs, aux professeurs départementaux et à tous ceux qu'intéresse le problème capital de l'amélioration du sol, je puis leur affirmer qu'aucun ouvrage français ne renferme un pareil ensemble de faits, de renseignements et de conseils aussi complet, aussi clair et d'une exposition plus heureuse et mieux comprise. »

Pour donner une idée plus nette encore de l'importance de ce traité, nous jugeons utile d'indiquer ici la succession des différents chapitres :

Première partie. — Principes généraux de l'alimentation des plantes.

Introduction. — Chapitre premier. — Nutrition des plantes. — I. Origine des matières organiques. — II. Origine des matières minérales. — Chapitre II. — Mécanisme d'absorption des racines. — Chapitre III. — Le sol. I. Les roches et leur décomposition. — II. Composition chimique et propriété de la terre arable. — Chapitre IV. — Exigences des principales cultures en éléments fertilisants.

Deuxième partie. — Fumier de ferme.

Chapitre premier. — Déjections des animaux. — Litières. — Production du fumier. — I. Composition des déjections solides et liquides. — II. Litières. — III. Production du fumier en poids et en volume. — Chapitre II. — Réactions chimiques et composition du fumier. — I. Réactions chimiques qui se produisent dans le fumier de ferme. — II. Composition chimique du fumier de ferme. — Chapitre III. — Déperditions des principes fertilisants. — I. Causes natu-

relles de déperdition des matières fertilisantes dans le fumier. — II. Moyens d'éviter les pertes des matières fertilisantes. — Chapitre IV. — Récolte, conservation et emploi du fumier. — I. Manière de conserver et de recueillir le fumier. — II. Emploi du fumier. — III. Utilisation du purin. — IV. Parcage. — V. Rôle de la matière organique dans le sol. — Chapitre V. — Considérations économiques sur l'emploi et la valeur du fumier. — I. Agriculture soutenue par le fumier de ferme. — II. Valeur du fumier de ferme.

Troisième partie. — Engrais produits dans les villes.

Chapitre premier. — Fumier de cheval. — Chapitre II. — Déjections humaines. — I. Production, composition et valeur des déjections humaines. — II. Systèmes employés pour recueillir les déjections. — III. Emploi direct des matières de vidanges. — IV. Traitement industriel des matières de vidanges. — Fabrication, composition et emploi des poudrettes. — Chapitre III. — Gadoues et boues de villes. — Chapitre IV. — Eaux d'égout.

Quatrième partie. — Engrais constitués par des substances végétales.

Chapitre premier. — Engrais verts cultivés et résidus laissés par les récoltes. — I. Engrais verts cultivés. — II. Résidus des récoltes. — Chapitre II. — Engrais verts étrangers. — I. Plantes des forêts et des landes. — II. Plantes marines. — Goémons. — Chapitre III. — Déchets industriels d'origine végétale. — I. Résidus de la fabrication de l'huile. — II. Résidus de brasserie, de distillerie, de sucrerie, de féculerie. — III. Résidus divers d'industrie. — IV. Résidus produits à la ferme.

Cinquième partie. — Curures d'étangs. — Composts et Tombes.

Chapitre premier. — Curures de mares. — Vases de rivières, etc. — Chapitre II. Compost. — Chapitre III. — Tombes.

Encyclopédie chimique. — Tome IV. — Analyse chimique. — Méthodes analytiques appliquées aux substances agricoles, par M. A. Müntz, professeur à l'Institut national agronomique. 1 vol. grand in-8°, avec 92 figures. — Paris, Ve Dunod. 1888.

En même temps que le Traité des engrais, M. A. Müntz vient de publier un ouvrage non moins utile et qui s'adresse spécialement aux chimistes adonnés aux études agronomiques, aux professeurs et aux directeurs de stations agronomiques. Ce volume comprend l'exposé précis et méthodique des procédés d'analyse appliqués aux substances agricoles dans les laboratoires de l'Institut agronomique dont M. Müntz est le directeur. Cette œuvre considérable à tous égards est tout à fait à la hauteur de la science : les méthodes les plus sûres et les plus nouvelles y sont décrites avec clarté et dans un ordre parfait. M. A. Müntz a rendu aux sciences agronomiques un service signalé par ces deux publications, qui rencontreront un succès mérité, dont le nom seul de l'auteur est un présage.

Ce livre est divisé en neuf parties.

Première partie : Engrais. — *Deuxième partie :* Terres. — *Troisième partie :* Roches. — *Quatrième partie :* Cendres végétales. — *Cinquième partie :* Eaux. — *Sixième partie :* Produits végétaux élémentaires. — *Septième partie :* Produits végétaux industriels. — *Huitième partie :* Recherches spéciales de produits végétaux. — *Neuvième partie :* Produits animaux alimentaires.

Guide pratique pour l'analyse de la betterave à sucre par la méthode alcoolique, par J. Graftiau, ingénieur agricole, chimiste à la Station agronomique de l'État de Gembloux. 1 br. in-8°. — Bruxelles, G. Mayolez. 1887.

Henry Grandeau.

II. PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

Bulletin du Ministère de l'Agriculture. 1887.

En vente chez Hachette et Cie. Paris.

SOMMAIRE DU N° 1.

FRANCE.

Documents officiels.

Budget de 1887, p. 1.
Promotions et nominations dans l'ordre national de la Légion d'honneur, p. 1.
Nominations dans l'ordre du Mérite agricole, p. 2.
Concours général agricole de 1887. Liste des prix d'honneur. p. 8.

Divers.

Rapport sur une maladie des raisins observée en Vendée, par M. Prillieux, inspecteur général de l'enseignement agricole, p. 10.
Rapport sur la désinfection antiphylloxérique des plants de vignes, par M. Couanon, inspecteur du service du phylloxéra, p. 14.
Rapport sur la recherche du phylloxéra en Tunisie, par M. Gastine, délégué régional, p. 17.
Rapport sur la situation des ouvriers dans les campagnes, par M. Eug. Simon, chargé d'une mission spéciale, p. 35.
Rapport sur l'enseignement et l'application de la pisciculture, par M. Chabot-Karlen, chargé d'une mission spéciale, p. 46.

ÉTRANGER.

ANGLETERRE. — Rapport sur la situation de l'agriculture en Angleterre, par M. Blanchard de Farges, consul général de France à Londres, p. 54.
Rapport sur la culture de la pomme de terre à Jersey en 1886, par M. Féret, vice-consul de France en cette île, p. 55.
Rapport sur le banquet de la Société royale d'agriculture et d'horticulture de Jersey, par M. Féret, vice-consul de France en cette île, p. 58.
Rapport sur les résultats obtenus à l'école de laiterie du comté de Chester, par M. L.-G. Le Roux, vice-consul de France à Manchester, p. 60.
SUÈDE. — Rapport sur le comice agricole tenu à Stockholm en 1886, par M. Charles Gachet, chargé d'affaires de France à Stockholm, p. 62.
RUSSIE. — Note sur un nouveau procédé pour enlever au lupin son amertume et sur son emploi comme engrais, par M. Boyard, consul général de France à Varsovie, p. 63.
ALLEMAGNE. — Rapport sur les résultats définitifs de la production agricole en Prusse en 1885, par M. du Closel, consul de France à Breslau, p. 65.
Rapport sur la situation de la propriété agricole en Prusse, par M. de Commines, secrétaire de l'ambassade de France à Berlin, p. 67.
AUTRICHE-HONGRIE. — Rapport sur le marché international des grains à Vienne, par M. de Montmarin, conseiller d'ambassade à Vienne, p. 71.
Rapport sur la récolte des céréales en Hongrie en 1886, par M. Henri Belle, consul général de France à Budapest, p. 75.
ROUMANIE. — Rapport sur le commerce général d'exportation des céréales et la part de la Roumanie dans ce mouvement, par M. Chousserie, vice-consul de France à Kustendjé, p. 76.
ITALIE. — Rapport sur la production des vins en Italie en 1886, par M. de Laigue, consul de France à Florence, p. 79.
TURQUIE. — Rapport sur la récolte du raisin en Crète en 1886, par M. Paul Blanc, gérant du consulat de France à la Canée, p. 81.
GRÈCE. — Circulaires du gouvernement hellénique relatives à l'importation des vins grecs en France et à la culture du raisin noir dans les Cyclades, p. 82.
ASIE-MINEURE. — Rapport sur la production de la Palestine, par M. Ledoulx, consul de France à Jérusalem, p. 84.
INDE ANGLAISE. — Rapport sur les exportations de blé et de divers produits agricoles de l'Inde anglaise, par M. Rheins, gérant du consulat général de France à Calcutta, p. 88.
Note sur les exportations de blé par le port de Bombay en 1884-1885, par M. Henry Follet, consul de France à Bombay, p. 89.
Informations diverses, p. 90.

SOMMAIRE DU N° 2.

FRANCE.

Documents officiels.

Loi du 30 mars 1887, portant modification du tarif général des douanes en ce qui concerne les céréales (blé, avoine et farine), p. 93.

Loi du 6 avril 1887, portant modification du tarif général des douanes en ce qui concerne les bestiaux, p. 94.

Loi du 5 mars 1887, ayant pour objet l'établissement, à partir du 1er janvier 1887, de la taxe sur les vignes de l'Algérie, p. 95.

Loi du 14 mars 1887, concernant la répression des fraudes commises dans le commerce des beurres, p. 95.

Décret du 18 février 1887, portant organisation des Écoles nationales vétérinaires, p. 97.

Décret du 18 février 1887, autorisant les préfets des départements de l'Algérie à prescrire les mesures nécessaires pour arrêter ou prévenir les dommages causés au vignoble par l'altise, p. 103.

Circulaire du 16 mars 1887, adressée aux professeurs départementaux d'agriculture, relativement au traitement des vignes contre le mildew au moyen des sels de cuivre, p. 104.

Circulaire du 21 mars 1887, adressée aux professeurs départementaux d'agriculture, relativement à l'emploi des sels de cuivre contre la maladie de la pomme de terre et de la tomate, p. 108.

Divers.

Rapports sur les sources de la production de l'azote, par M. Ach. Müntz, professeur de chimie à l'Institut national agronomique, p. 109.

La production céricicole de la France en 1886, par M. E. Maillot, directeur de la Station séricicole de Montpellier (avec carte), p. 132.

Rapport sur le champ d'expériences de la Société des agriculteurs de la Drôme, par M. Tavan, président de cette Société, p. 141.

ÉTRANGER.

Angleterre. — Rapport sur le rendement de la récolte de 1886 dans le Royaume-Uni, par M. Blanchard de Farges, consul général de France à Londres, p. 149.

Belgique. — Note sur la loi belge concernant plusieurs droits d'accise sur la fabrication des alcools, p. 150.

Allemagne. — Rapport sur les résultats définitifs de la campagne sucrière 1885-1886 en Silésie, par M. du Closel, consul de France à Breslau, p. 152.

Russie. — Rapport sur les résultats généraux de la récolte de l'année 1886 en Russie, par M. Biard d'Aunay, consul de France à Saint-Pétersbourg, p. 154.

Autriche-Hongrie. — Rapport sur le commerce des grains en Hongrie pendant l'année 1886, par M. Henri Belle, consul général de France à Budapest, p. 157.

Rapport sur la sériciculture en Hongrie, par M. Henri Belle, consul général de France à Budapest, p. 159.

Italie. — Rapport sur le logement des vins italiens, par M. de Laigue, consul de France à Florence, p. 159.

Grèce. — Note sur la viticulture et le phylloxera en Grèce, par M. de Montholon, ministre de France à Athènes, p. 161.

Espagne. — Rapport sur la sériciculture en Espagne, par M. du Closel, consul de France à Valence, p. 161.

ÉTATS-UNIS. — Rapport sur l'industrie sericicole aux États-Unis, par M. Truy, gérant du consulat général de France à New-York, p. 162.
Rapport sur une entreprise d'exportation des viandes abattues au Texas, par M. Glandut, vice-consul de France à Galveston, p. 165.
Note sur la sécheresse au Texas, par M. Glandut, vice-consul de France à Galveston, p. 166.
Rapport sur la culture de la vigne et sur le phylloxera en Californie, par M. Truy, gérant du consulat général de France à New-York, p. 168.
De la plantation et du greffage des vignes résistantes en Californie, par M. E. W. Hilgard (extrait du *Bulletin de la Station expérimentale d'agriculture de l'Université de Californie*), p. 169.
INDE ANGLAISE. — Rapport sur la culture et la décortication de la ramie dans l'Inde, par M. J. Harmand, consul général de France à Calcutta, p. 174.
Informations diverses, p. 182.

SOMMAIRE DU N° 3.

FRANCE.

Documents officiels.

Nomination du ministre de l'agriculture, p. 185.
Décret du 18 juin 1887 instituant la croix d'officier du Mérite agricole, p. 185.
Nominations dans l'ordre du Mérite agricole, p. 186.

Divers.

Rapport adressé par le Comité des stations agronomiques et des laboratoires agricoles au sujet des méthodes à suivre dans l'analyse des matières fertilisantes, p. 189.
Rapport sur la pêche dans les principaux ports de l'est de l'Angleterre, par M. le docteur E. Sauvage, directeur de la Station aquicole de Boulogne-sur-Mer, p. 227.

ÉTRANGER.

ANGLETERRE. — Rapport sur la culture des pommes de terre à Jersey en 1886, par M. Féret, vice-consul de France en cette île, p. 244.
ALLEMAGNE. — Rapport sur l'emploi de la tourbe en Allemagne, par M. Balny d'Avricourt, consul général de France à Hambourg, p. 272.
Rapport sur les récoltes du Wurtemberg en 1886 et sur la situation de l'agriculture, par M. Charles d'Héricourt, consul de France à Stuttgart, p. 273.
AUTRICHE-HONGRIE. — Rapport sur le commerce des farines et la situation de l'industrie meunière en Hongrie, par M. Henri Belle, consul de France à Budapest, p. 277.
TURQUIE. — Note sur la culture de la vigne en Syrie, par M. Ad. Geofroy, vice-consul de France à Latakié, p. 280.
ÉTATS-UNIS. — Note sur les vignes de Californie, par M. Truy, gérant du consulat général de France à New-York, p. 282.

Rapport sur la race bovine et l'élevage au Texas, par M. Glandut, vice-consul de France à Galveston, p. 283.
Informations diverses, p. 286.

SOMMAIRE DU N° 4.

Documents officiels.

Conditions d'admission aux emplois de garde forestier, p. 289.
Décret du 12 mars 1887, relatif à l'organisation de l'École nationale forestière, p. 291.
Règlements et programmes d'enseignement de l'École nationale forestière, p. 293.

Divers.

Note sur les travaux exécutés par la Station de recherches et d'expériences instituée à l'École forestière de Nancy, relativement à l'influence des éclaircies, par M. Bartet, inspecteur adjoint des forêts à Nancy, p. 372.
Organisation de l'administration forestière en Bavière et en Autriche, par MM. Boppe, sous-directeur de l'École nationale forestière de Nancy, et Reuss, inspecteur adjoint des forêts, répétiteur à la même École, p. 384.
Rapport sur la maladie du chêne-liège dans le département du Var, par M. Lamey, conservateur des forêts en retraite, p. 406.
Rapport sur l'exécution de la loi du 4 avril 1882, par M. de Montzey, inspecteur général des forêts, p. 412.

SOMMAIRE DU N° 5.

FRANCE.

Documents officiels.

Nominations dans l'ordre national de la Légion d'honneur, p. 433.
Promotions et nominations dans l'ordre du Mérite agricole, p. 434.
Décret du 25 août 1887, portant nomination de membres du Conseil supérieur de l'agriculture, p. 445.
Loi du 4 juillet 1887 sur le régime des sucres, p. 445.
Loi du 5 juillet 1887 concernant les droits d'entrée sur les alcools étrangers, p. 446.
Décret du 12 juillet 1887, délimitant les territoires phylloxérés et fixant les conditions pour l'introduction des vignes étrangères et des vignes provenant d'arrondissements phylloxérés, p. 447.
Circulaire du 15 août 1887, relative au développement de l'enseignement agricole dans les départements, p. 450.
Circulaire du 1er septembre 1887, adressée aux professeurs départementaux d'agriculture, relative au choix des semences, p. 452.
Instructions pour l'achat et le contrôle des semences, p. 454.

Concours régionaux agricoles en 1887. — Liste par catégories des principaux lauréats et des récompenses qui leur ont été décernées, p. 457.
État des loups tués en 1886 et des primes payées, p. 475.

Divers.

Rapport sur l'invasion du black-rot dans la vallée de la Garonne, par M. Prillieux, inspecteur général de l'enseignement agricole, p. 477.
Rapport sur le plâtrage des vins, par M. G. Foëx, directeur de l'École nationale d'agriculture de Montpellier, p. 485.
Annexe 1. — Rapport de M. Bouffard, professeur de technologie agricole, sur le plâtrage de la vendange, 493.
Annexe 2. — Observations sur le plâtrage des vins, par M. Audoynaud, professeur de chimie, p. 508.
Annexe 3. — Rapport sur des expériences cliniques faites sur l'usage du vin plâtré, par M. le docteur Bourdel, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Montpellier, médecin de l'École nationale d'agriculture, p. 510.
Annexe 4. — Rapport sur les analyses d'urines faites pour étudier l'action des vins plâtrés sur l'organisme de l'homme, par M. Audoynaud, professeur de chimie, p. 516.
Rapport sur les écoles de greffage dans le Rhône, par M. Paul Vincey, professeur départemental d'agriculture, p. 523.

ÉTRANGER.

ALLEMAGNE. — Note relative à l'adoption du demi-litre comme mesure pour les céréales en Allemagne, par M. Balny d'Avricourt, consul général de France à Hambourg, p. 525.
Rapport sur les résultats définitifs de la campagne agricole en Prusse en 1886, par M. Monin, gérant du consulat général de France à Breslau, p. 526.
Note relative à l'influence exercée sur les prix du bétail en Allemagne par le relèvement des droits de douane français, par M. E. Cor, consul de France à Mannheim, p. 529.
Rapport sur la culture du raifort dans la campagne d'Erlanger, par M. Léon Duplessis, vice-consul de France à Nuremberg, p. 530.
AUTRICHE-HONGRIE. — Rapport sur la récolte du vin en Hongrie en 1886, par M. Henri Belle, consul général de France à Budapest, p. 531.
ROUMANIE. — Documents statistiques relatifs à l'exportation des céréales roumaines en 1886, par M. J. Wiet, consul de France à Galatz, p. 533.
ESPAGNE. — Rapport sur la production vinicole dans la province de Murcie, par M. Paul Martin, consul de France à Carthagène, p. 536.
ÉTATS-UNIS. — Rapport sur la situation agricole de la Louisiane, par M. Depierre, gérant du consulat de France à la Nouvelle-Orléans, p. 537.
JAPON. — Rapport sur la culture du riz au Japon, par M. Lequeux, consul de France à Yokohama, p. 538.
INDE ANGLAISE. — Rapport sur les scarabées qui détruisent le cocotier, par M. H. Foëx, chancelier du consulat de France à Singapore, p. 541.
Informations diverses, p. 543.

SOMMAIRE DU N° 6.

DOCUMENTS STATISTIQUES.

Tableaux des récoltes de la France pour l'année 1886.

I. Céréales :
A. Relevé par département (froment, méteil, seigle, orge, sarrasin, avoine, maïs et millet), p. 545.
B. Relevé par région (froment, seigle), p. 562.
II Récoltes diverses :
1° Tubercules et racines, p. 569.
2° Fourrages, p. 572.
3° Cultures industrielles, p. 578.
4° Vignes, p. 594.
5° Culture fruitière, p. 598.
III. Production sericicole, p. 603.
IV. Production moyenne, par département, des principales céréales durant la période décennale de 1877 à 1886, p. 607.
V. Production en céréales et en pommes de terre pour la France entière pendant les dix dernières années, de 1877 à 1886, p. 611.
VI. Production du cidre en 1885 et 1886, p. 615.

Divers (poids et prix).

VII. Poids moyen, par département, de l'hectolitre des principales céréales en 1886, p. 619.
VIII. Prix moyen du kilogramme de pain et du kilogramme de viande dans les chefs-lieux de département en 1886, p. 623.
IX. Prix moyen, par département, des céréales, denrées alimentaires, fourrages, combustibles, etc., en 1886, p. 627.
X. Prix moyens annuels pour la France entière, et pendant la dernière période de vingt ans, des céréales, des denrées alimentaires, des fourrages, etc., 1867-1886, p. 633.

Animaux de ferme.

XI. Animaux de ferme et leurs produits :
1° Existences au 31 décembre 1886 (espèces chevaline, mulassière, asine, bovine, ovine, porcine et caprine), p. 638.
2° Principaux produits en 1886 (lait, laine, miel et cire), p. 646.

Importations et exportations.

XII. Importations et exportations des matières et produits intéressant l'agriculture en 1884, 1885 et 1886, p. 651.
XIII. Importations de bétail en 1886 (relevé du service sanitaire à la frontière), p. 673.

Approvisionnement de Paris.

XIV. Relevé, par quinzaine, des opérations de la boulangerie et des dépôts de pain de Paris en 1886, p. 679.

XV. Opérations du marché aux bestiaux de la Villette en 1884, 1885 et 1886, p. 687.

XVI. Consommation de la viande à Paris et dans le département de la Seine en 1886, p. 703.

XVII. Vente aux halles centrales et sur les marchés de gros des viandes et autres denrées alimentaires en 1886, p. 707.

H. G.

Annales de l'Institut national agronomique.

TOME X (1887).

Ed. Kayser. Rapport sur les stations agronomiques et les stations spécialement affectées aux industries agricoles en Allemagne, p. 17-152.

Aimé Girard. Recherches sur le développement de la betterave à sucre, p. 153-138.

E. Duclaux. Action de la lumière scolaire sur les substances hydrocarbonées, p. 239-288.

E. Risler et Colomb-Pradel. Dans quelles limites l'analyse chimique des terres peut-elle servir à déterminer les engrais dont elles ont besoin?

Comptes rendus de l'Académie des sciences.

TOME CIV (1887).

E. Bourquelot. Sur la composition du grain d'amidon, p. 177-180.

A. Audouard. Le cuivre dans le vin provenant de vignes traitées par le sulfate de cuivre, p. 195-197.

Berthelot. Sur la fixation directe de l'azote gazeux de l'atmosphère par les terres végétales, p. 205-209.

Maquenne. Préparation, propriétés et constitution de l'inosite, p. 225-227 et p. 297-299.

E. Duclaux. Sur les actions comparées de la chaleur et de la lumière solaire, p. 294-297.

Bordar. De la composition des graines de l'*Holcus sorgho* et de leur application dans l'industrie agricole, p. 300-302.

G. Lechartier. Sur la composition des cendres de cidre, p. 336-339.

A. Levallois. Sur les caractères des huiles d'olive, p. 371-373.

L. Roule. Sur les gisements et l'âge de la bauxite dans le sud-est de la France, p. 383-385.

Hanriot et Ch. Richet. Nouveau procédé du dosage de l'acide carbonique expiré et de l'oxygène absorbé dans les actes respiratoires, p. 435-437.

D. Klein et E. Fréchon. Sur le sucrage des moûts et la fabrication des vins de sucre, p. 511-513.

P. Hallez. Nouvelle étude sur l'embryogénie des nématodes, p. 517-520.

Aimé Girard. Sur le développement des nématodes de la betterave pendant les années 1885 et 1886 et sur leurs modes de propagation, p. 522-524.

— Sur la destruction des nématodes de la betterave, p. 585-587.

A. Audouard. Incompatibilité des nitrates et des superphosphates, p. 583-585.

A. Béchamp. De la cause des altérations subies par le sang, au contact de l'air, de l'oxygène et de l'acide carbonique, p. 587-589.

Berthelot. Sur la fixation directe de l'azote gazeux de l'atmosphère par les terres végétales avec le concours de la végétation, p. 625-631.

Hervé-Mangon. Nombre et durée des pluies, p. 643-646.

L. L'Hote. Sur la recherche et le dosage de l'alumine dans le vin et le raisin, p. 853-855.

P. de Laffitte. L'œuf d'hiver du phylloxera, p. 1044-1046.

Ed. Claudon et Ch. Morin. Produits de fermentation du sucre par la levure elliptique, p. 1109-1111.

— Sur la présence de l'alcool butylique normal dans une eau-de-vie de cognac; comparaison des alcools supérieurs de cette eau-de-vie avec ceux produits dans la fermentation du sucre par la levure elliptique, p. 1187-1189.

P. de Mondesir. Sur le dosage rapide du calcaire actif dans les terres, p. 1144-1147.

Berthelot et André. Recherches sur l'émission de l'ammoniaque par la terre végétale, p. 1219-1224.

E. Prillieux. Sur l'importance du dépôt de rosée en agriculture, p. 1773-1774.

Maquenne. Sur quelques dérivés de l'inosite, p. 1719-1722.

— Sur l'identité du dambose et de l'inosite, p. 1853-1854.

E. Duclaux. Sur la composition des beurres de diverses provenances, p. 1727-1730.

Aimé Girard Sur le dosage de la fécule dans les tubercules de la pomme de terre, p. 1629-1632.

Ganaud. L'azote organique dans les engrais chimiques composés, p. 1642-1633.

L'azote organique dans le sang et les déchets de viande desséchés possède une plus grande valeur que dans la corne et le cuir. On peut avoir à distinguer ces diverses substances. Les réactions suivantes faites comparativement avec l'engrais à essayer, le cuir et le tannin ont donné les résultats suivants :

	PAR LE PERCHLORURE DE FER.	PAR LE BICHROMATE DE POTASSE.	PAR L'ACÉTATE DE FER.	PAR LA FUCHSINE.
Engrais.	Précipité gris coloré en bleu.	Précipité brun.	Précipité violet bleuâtre foncé.	Précipité rouge.
Cuir . .	Précipité bleu noir.	Précipité brun.	Précipité violet bleuâtre foncé.	Précipité rouge.
Tannin.	Précipité bleu noir.	Précipité brun.	Précipité bleu noir.	Précipité rouge.

La corne, la viande, le sang ne donnent rien en présence de ces réactifs, ce qui permet de distinguer jusqu'à un certain point ces matières.

J. Teissier. Transmission de la diphtérie par les poussières atmosphériques. Influence des fumiers, des dépôts de chiffons ou de paille, p. 1636-1638.

Berthelot et André. Recherches sur l'émission de l'ammoniaque par la terre végétale, p. 1219-1224.

Buirine. Sur les amines contenues dans les eaux du suint, p. 1292.

A. Arnaud. Dosage de la carotine contenue dans les feuilles des végétaux, p. 1293-1296.

A. Audouard. Variation de l'acide phosphorique dans le lait de vache, p. 1298-1299.

A. Quantin. Contribution à l'étude du sol de la Tunisie, p. 1528-1529.

Die Landwirtschaftlichen Versuch-Stationen.

TOME XXXIII (1885).

Physiologie végétale. — Composition des végétaux.

Dr P. Baessler. Assimilation de l'asparagine par les plantes, p. 231-240.

C. O. Muller. Contribution à l'étude de la formation des matières albuminoïdes dans les plantes, p. 311-347.

Dr O. Kellner. Expériences en vue de savoir si les plantes absorbent seulement les substances solubles, ou si elles assimilent aussi les principes d'une décomposition difficile, qui se trouvent dans la terre végétale, p. 366-369.

Dr F. Nobbe. Culture et étude d'une pomme de terre sauvage du Paraguay, p. 447-454.

Dr J. Ritzema Bos. Contribution à l'étude des animaux nuisibles à l'agriculture : *Anthonigia antiqua* ou *Anthonigia ciparum* (Bouché), p. 207-215. *Lucilia sericata* (Meigen), p. 216-228.

Dr E. Schulze, E. Steiger et E. Bosshard. Recherches sur les matières azotées de quelques fourrages, comme les vesces, le trèfle, la luzerne, l'avoine, le ray-grass, p. 89-123.

Dr A. Hilger et Gross. Composition de quelques organes des vignes, p. 170-196.

Dr O. Kellner. Composition des feuilles de thé à divers états de la végétation, p. 370-380.

Dr L. Steffeck. Nouvelle falsification de la moutarde blanche (*Sinapis alba*), p. 411-415.

Dr L. Richter. Sur une nouvelle plante oléagineuse (*Lallemantia iberica*), p. 485-458.

Sol. — Engrais. — Essais de fumure.

Dr G. Baumert. Analyse des terres californiennes pour la culture de la vigne, p. 86-88.

Dr A. Hilger et K. Lampert. Produits de désagrégation du granit de Luxembourg dans le Fichtelgebirge, p. 160-169.
Dr O. Kellner. Recherches sur le pouvoir absorbant du sol, p. 349-358.
— Détermination quantitative des bases fixées dans le sol par le pouvoir absorbant, telles que la potasse, la chaux, la magnésie, et étude de l'absorption de ces principes par les plantes, p. 359-349.
Dr Landolt. Sur les modifications chimiques que peut éprouver le sol sous l'influence des petits organismes, p. 463-464.
Dr B. Frank. Culture des micro-organismes qui vivent dans le sol, p. 464.
G. Thoms. Sur l'amélioration des terres, d'après des documents statistiques, p. 468.
Dr J. Nessler. Sur la valeur de la tourbe badoise, comme litière et comme engrais et sur la solubilité de l'azote que renferme cette matière, p. 1-10.
Dr A. Frank. Valeur agricole des scories de déphosphoration, p. 469.
Dr H. Herzfeld. Observations relatives à la vase qui se dépose sur les prairies irriguées de la ville de Berlin, p. 470.
Dr Ed. Heiden. Étude de l'action de l'acide phosphorique, chargé d'acide sulfurique, sur la conservation du purin, p. 473.
Dr Fittbogen. Essai de fumure avec des phosphates, p. 461-463.
Dr H. Hellriegel. Quelles sont les sources d'azote dont disposent les plantes? p. 464-465.
Dr J. H. Gilbert. Nouvelles données relatives aux sources d'azote pour la végétation, p. 466.
Dr C. Muller. Sur la forme qu'il convient de donner à l'acide phosphorique pour la culture de la betterave, p. 468.

Aliments et fourrages. — Expériences d'alimentation.

Dr. F. Szymanski. Recherche microscopique des matières albuminoïdes dans les graines, p. 229-230.
Dr O. Kellner. Recherches chimiques sur l'alimentation et le développement des vers à soie (*Bombyx mori*), p. 381-392.
Dr A. Stutzer. Sur la digestion des matières protéiques, p. 471-472.
Dr C. Lehmann. Contribution a l'étude de la production du lait, p. 473-474.

Technologie agricole.

Dr W. Chludsinsky. Étude des propriétés de la laine d'une race de moutons à grosse laine, p. 11-37.
Dr G. Baumert. Contribution à l'étude des vins de Californie, p. 39-86.
— Composition de quelques raisins de Californie, p. 87-98.
Dr R. Schulze. Sur les eaux acides des amidonneries, p. 197-201.
Prof. Dr Petri. Purification des eaux d'égout à Marienfelde, p. 471.

Analyse chimique.

Dr E. Schulze. Sur les méthodes employées pour la détermination quantitative des matières azotées des plantes, p. 121-145.
Dr H. Weiske. Séparation quantitative de l'albumine et des peptones, p. 147-152.

Dr W. Hoffmeister. Sur la détermination de la cellulose brute et la présence d'une gomme dans les fibres ligneuses, p. 153-159.

Dr A. Baumann. Sur la détermination de l'azote ammoniacal dans le sol et sur la quantité d'azote assimilable que renferme un sol en jachère, p. 247-303.

Dr W. Knop. Remarques sur le mémoire du Dr Baumann, p. 435.

Dr H. Weiske. Sur la détermination de l'azote dans l'urine des herbivores et dans le lait, par la méthode de Will et Varrentrap, et celle de Kjeldahl, p. 305-310.

John Sebelien. Étude comparative de quelques nouvelles méthodes pour la détermination des matières grasses dans le lait, p. 393-410.

Dr Wilfarth. Sur la méthode de Kjeldahl pour le dosage de l'azote, p. 469-470.

Dr Boehmer. Essais de fourrages avariés et falsifiés, p. 472.

Annales de chimie et de physique.

6e SÉRIE, TOME X (1887).

Berthelot et André. Recherches sur la végétation. Sur les carbonates dans les plantes vivantes, p. 85-107.

— Recherches sur l'acide oxalique, sur la végétation, analyse, p. 289-308 ; végétation, p. 308-350.

— Sur une relation entre la formation de l'acide oxalique et celle des principes albuminoïdes dans certains végétaux, p. 350-353.

A. Müntz et V. Marcano. Sur la formation des terres nitrées dans les régions tropicales, p. 550-566.

A. Müntz. Sur l'existence des éléments du sucre de lait dans les plantes, p. 566-574.

6e SÉRIE, TOME XI (1887).

A. Müntz. Recherches sur la formation des gisements de nitrate de soude, p. 111-135.

— Sur la dissémination du ferment nitrique et sur son rôle dans la désagrégation des roches, p. 136-144.

Berthelot et André. Sur la formation de l'ammoniaque dans la terre végétale soumise à l'action de divers réactifs et sur son dosage, p. 289-291.

— Sur le déplacement de l'ammoniaque par la magnésie, p. 294-310.

— Contribution à l'histoire de la décomposition des amides par l'eau, les alcalis et les acides étendus, p. 317-331.

— Recherches sur la tension du bicarbonate d'ammoniaque sec, p. 332-341.

— Recherches sur la décomposition du bicarbonate d'ammoniaque par l'eau et sur la diffusion de ses composants à travers l'atmosphère, p. 341-349.

— Sur les principes azotés de la terre végétale, p. 368-374.

— Recherches sur l'émission de l'ammoniaque par la terre végétale, p. 375-382.

G. Raulin. Dosage de l'azote organique et de l'azote total, p. 569-573.

M. Raulin décrit un appareil qu'il emploie pour le dosage de l'azote organique au moyen de la chaux sodée ; le dosage de l'azote total se fait au moyen de l'oxyde de cuivre en présence d'un courant d'acide cabonique.

6e SÉRIE, TOME XII (1887).

Aimé Girard. De l'absorption de l'iode par les matières amylacées. Application au dosage de ces matières dans les produits agricoles, p. 275-288.

L'auteur prélève un échantillon de 2 kilogr. de tubercules, qu'il fait passer à la râpe. Il prélève ensuite 25 gr. de pâte que l'on place dans un flacon de 700 cent. cubes de capacité. On verse sur ces 25 gr. de pâte 50 cent. cubes d'acide chlorhydrique à 2/1000 et on abandonne le mélange pendant deux ou trois heures. Cette solution agit sur les pectates et la pectose ; on verse ensuite dans le flacon 100 cent. cubes de liqueur ammonio-cuivrique qui dissout la cellulose et met en liberté l'amidon que l'on va soumettre à l'action de la liqueur d'iode. Après avoir sursaturé la liqueur par l'acide acétique, on refroidit rapidement le liquide, et on verse la solution titrée d'iode en s'aidant d'un papier amidonné pour saisir le terme de la réaction.

La solution d'iode se prépare en dissolvant, dans 1 litre d'eau, $3^{gr},05$ d'iode sublimé et sec, avec 4 gr. d'iodure de potassium. Cette liqueur correspond pour 100 cent. cubes à 1 gr. de fécule. On prépare aussi une liqueur décime en étendant la solution précédente de neuf fois son volume d'eau. Cette dernière permet de terminer le dosage en la substituant, vers la fin de la réaction, à la liqueur normale.

J. Risler.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME PREMIER (1887)

Pages.

A. Ronna. — Chimie appliquée à l'agriculture. — Travaux et expériences du Dr A. Vœlcker. — 5. Les aliments et les expériences d'alimentation du bétail. — 6. Les instruments de la ferme. . . 1

P. Fliche et L. Grandeau. — Recherches chimiques et physiologiques sur les lichens. 201

A. Petermann. — L'analyse de la betterave à sucre par la méthode dite « alcoolique ». 230

— La composition du topinambour. 266

— Étude sur les enveloppes des graines. 268

A. Müntz. — Rapport fait au comité des stations agronomiques et des laboratoires agricoles par la sous-commission des méthodes analytiques 274

A. Petermann. — Rapport adressé à la Commission administrative de la Station et des laboratoires agricoles de l'État belge. . . . 334

Dr Shinkizi Nagai. — L'agriculture au Japon. Son état actuel et son avenir, traduit de l'allemand par M. H. Grandeau. 353

Aimé Girard. — De l'absorption de l'iode par les matières amylacées 372

Louis Lejeune. — Le tabac mexicain. Son présent et son avenir . 384

Pages.

U. Gayon et E. Dubourg. — De la fermentation alcoolique de la dextrine et de l'amidon par les mucors 419

A. Müntz. — Sur la dissémination du ferment nitrique et sur son rôle dans la désagrégation des roches. 438

— Examen préliminaire et échantillonnage des engrais. 448

Bibliographie 458

Nancy, imp. Berger-Levrault et Cie.

3 5185 00258 633